

Reporte

Energía-industria-empleo: metodología *Input/Output*

Eloy Álvarez Pelegry
Ana Carmen Díaz Mendoza
(coords.)

Energía-industria-empleo:
metodología *Input/Output*

Energía-industria-empleo:
metodología *Input/Output*

**Eloy Álvarez Pelegry
y Ana Carmen Díaz Mendoza
(coords.)**

2013
Orkestra - Instituto Vasco de Competitividad
Fundación Deusto

Report

Autores

José Luis Curbelo, Director General de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

Arturo Gonzalo Aizpuri, Presidente del Comité Español del Consejo Mundial de la Energía (CECME) y Director de Relaciones Institucionales y Responsabilidad Corporativa de Repsol.

Eloy Álvarez Pelegrý, Director de la Cátedra de Energía de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

Juan Cruz Vícuña, Director General de la Sociedad de Hidrocarburos de Euskadi - Grupo EVE, Ente Vasco de la Energía.

Ashutosh Shastri, Miembro Consultivo de los Comités de Combustibles Fósiles Limpios y de Energía, y Políticas Climáticas del WEC. Director de EnerStrat Consulting.

Fernando Pendás Fernández, Ex Director del Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo.

Pablo Cienfuegos Suárez, Profesor titular de Departamento de Explotación y Prospección de Minas de la Universidad de Oviedo.

Maximilian Kuhn, Editor Principal de Papeles de Estrategia del Centro Europeo de Energía y Recursos. «War Studies, Kings College London».

Ignacio M.ª Echeberria, Presidente de Orkestra, Instituto Vasco de Competitividad.

Xabier Garmendia, Viceconsejero de Industria y Energía del Gobierno Vasco.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Con el apoyo de SPRI-Gobierno Vasco, Diputación Foral de Gipuzkoa, Euskaltel, Kutxa y Repsol-Petronor.

© Instituto Vasco de Competitividad - Fundación Deusto



Mundaiz 50, E-20012, Donostia-San Sebastián

Tel.: 943 297 327. Fax: 943 279 323

comunicacion@orquestra.deusto.es

www.orquestra.deusto.es

© Publicaciones de la Universidad de Deusto

Apartado 1 - E48080 Bilbao

Correo electrónico: publicaciones@deusto.es

ISBN: 978-84-9830-419-0

Índice

Presentación de la jornada	9
<i>Energía y metodología Input/Output,</i> por Eloy Álvarez Pelegrý, director de la Cátedra de Energía de Orkestra	11
<i>Relevancia y actualidad de la metodología Input/Output,</i> por Ana Carmen Díaz Mendoza, investigadora de la Cátedra de Energía de Orkestra	13
Ponencias	15
<i>Una revisión de las matrices de contabilidad social y de los modelos de equilibrio general aplicado en España,</i> Manuel Alejandro Cardenete y Mari Carmen Delgado	17
<i>Información necesaria para construir una matriz Input/Output. Matriz Input/Output de Cantabria,</i> Francisco Parra	29
<i>Un análisis de la descomposición de la rama eléctrica en las tablas Input/Output,</i> Carmen Ramos, Eloy Álvarez Pelegrý, Ana Carmen Díaz Mendoza y Unai Castro	53
<i>Las tablas Input/Output y el tratamiento de productos y ramas de la energía: aspectos estadísticos y metodológicos,</i> Agustín Cañada	69
<i>Efectos económicos de la energía eólica en Aragón (1996-2012),</i> Blanca Simón, José Aixalá Pastó, Luis Pérez y Pérez y Jaime Sanaú Villarroya	83
<i>Socio economic impact assessment of future CSP (Concentrating Solar Power) deployment in Spain using an extended social accounting matrix,</i> Ángeles Cámara Sánchez, Natalia Caldés Gómez, Mónica Flores García, Patricia Fuentes Saguar y Marta Santamaría Belda	95
<i>A product orientate view on energy use,</i> Michael Hartener	105
<i>Cuantificación de escenarios de emisiones de CO₂. El caso del País Vasco,</i> Iñaki Arto	125

<i>El sector energético: fuentes estadísticas de análisis en la C.A. de Euskadi,</i> Javier Aramburu Irizar, Felipe Pérez y María Victoria García Olea	139
<i>Impacto económico de la clausura de una planta nuclear, Almaraz (España),</i> Patricia Fuentes Saguar, Manuel Alejandro Cardenete y Juan Antonio Vega Cervera	151
Resumen de los estudios	165
Instituciones	171
Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad	173
Cátedra de Energía de Orkestra	173

Presentación de la jornada

Energía y metodología *Input/Output*

Eloy Álvarez Pelegry

Director de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

El interés de examinar la relación entre el mundo energético e industrial, con sus efectos inducidos con respecto a la creación de industrias, empresas y empleo, tiene una cierta tradición en nuestro país, pudiendo identificarse un primer hito con el Plan Energético de 1991, en el que se examinaba la industria que se desarrollaría como consecuencia de acometer las inversiones de dicho plan, así como del empleo que consecuentemente se crearía.

Desde la Cumbre de Rio y el Protocolo de Kioto, la lucha contra el cambio climático ha ido configurando la búsqueda hacia una economía baja en carbono.

Además en Europa, las directivas que establecen objetivos en renovables, eficiencia energética y disminución de emisiones de CO₂, han puesto en marcha el desarrollo y la implantación de un conjunto de tecnologías, que en muchos casos suponen la necesidad de subvenciones y ayudas.

Es quizás esta situación, la que ha espoleado e incentivado diferentes estudios sobre las relaciones entre las actividades del sector energético, y en particular, el eléctrico, y su interrelación con otras ramas y actividades económicas.

En Europa y en nuestro país, las asociaciones empresariales eólicas, y el foro nuclear, entre otros, han llevado acabo o encargado estudios que examinan con diferentes metodologías, no idénticas pero sí con bases comunes, estas implicaciones a partir fundamentalmente, de las tablas *Input/Output*.

La Cátedra de Energía de Orkestra, ha puesto en marcha un estudio sobre el impacto económico de la energía, tratando de que su examen sea lo mas homogéneo y amplio posible. El objetivo es mas bien ambicioso, y trata de desglosar, por un lado las energías convencionales y las renovables, y ya dentro de estas, detallar las diferentes tecnologías para poder tener, con una misma base, un análisis que permita sacar conclusiones lo mas contrastadas posibles.

En nuestro país, la tradición del análisis de *Input/Output*, y en particular, los relativos a la energía tienen una considerable tradición. Así, de los análisis iniciales basados fundamentalmente en la matriz de consumos intermedios, se ha pasado a la metodología de las matrices de contabilidad social que recogen, no solo estos consumos, sino también los sectores institucionales y el sector exterior. Por el lado de la matriz de la demanda final, se incorporan también a parte de éstos, los factores productivos, el ahorro y la inversión.

Con el fin de contrastar las diferentes metodologías y poner en común los diferentes trabajos e investigaciones que bien referidos a tecnologías concretas, a instalaciones o a subsectores energéticos, se han ido llevando a cabo tanto a niveles Autonómicos, como del Estado, la Cátedra convocó y organizó esta jornada, que tuvo lugar el 11 de julio en Bilbao, y que llevó por título «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo».

Debo confesar además, que como Director de la Cátedra de Energía de Orkestra fue para mí un placer contar con la participación de los ponentes de esta jornada, Manuel Alejandro Cardenete, Francisco Parra, Carmen Ramos, Agustín Cañada, Erik Dietzenbacher, Blanca Simon, Ángeles Camara, Michael

Hartner, Iñaki Arto, Marivi García, Javier Aramburu y Felipe Pérez. También me gustaría agradecer a los co-autores de los estudios aquí presentados, Juan Antonio Vega-Cervera, Unai Castro, Mari Carmen Delgado, José Aixalá Pastó, Luis Pérez y Pérez, Jaime Sanaú Villarroya, Natalia Caldés Gómez, Mónica Flores García, Patricia Fuentes Saguar y Marta Santamaría Belda.

Desde el comienzo de la organización de esta jornada, hemos tenido en mente la idea de publicar los textos de las ponencias, y este es el resultado de esos trabajos que el lector tiene en sus manos.

No es exagerado afirmar, que ante la situación de déficit tarifario, de crisis económica, y la imperiosa necesidad de innovación tecnológica y de desarrollo industrial, los análisis que soporten con rigor las relaciones entre energía, industria y empleo, deben aportar una base muy solvente para una toma de decisiones eficaz y acertada.

Es nuestra intención que mediante esta publicación, contribuyamos modestamente a tal empeño.

Relevancia y actualidad de la metodología *Input/Output*

Ana Carmen Díaz Mendoza

Investigadora de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

Me complace presentarle el libro que recoge la practica totalidad de las ponencias presentadas en la jornada «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo». Dicha jornada tuvo lugar el 11 de julio de 2012, en el Aula 34 de La Comercial, Universidad de Deusto, en el Campus de Bilbao.

Esta jornada se presentó como una excelente oportunidad para permitir el intercambio de ideas y resultados de investigaciones derivadas del análisis científico sobre la metodología basada en el Análisis *Input/Output* y las Matrices de Contabilidad Social, las cuales juegan un papel esencial en el ámbito científico y, cuyas conclusiones obtenidas pueden ser muy relevantes en la toma de decisiones políticas.

La jornada trató de examinar la interrelación de energía-industria y empleo en el nuevo contexto energético con un enfoque internacional y con aplicación al País Vasco, mediante la metodología de análisis *Input/Output* y el análisis de modelos sectoriales.

Gracias a los modelos multisectoriales podemos estudiar diversos aspectos de la estructura económica de los países y regiones. Además, estos modelos nos permiten integrar datos económicos con datos medioambientales, lo que nos da una visión social y no solo económica de la situación que estamos analizando.

Además sabemos que el sistema energético es un punto clave de la economía de un país, por lo que creemos que el análisis de estos modelos, centrando la atención en las energías renovables y fósiles, puede ser de gran utilidad para tratar de buscar soluciones a los problemas, hacer propuestas de mejora, que nos ayuden a superar estos tiempos de crisis e incertidumbre.

Como sabemos, una de los principales fortalezas de esta metodología, es sin duda, su capacidad de llevar a cabo estudios de impacto sobre variables económicas de interés como son la producción o el empleo.

Un sector fundamental en la economía española es el sector energético y dentro de él, el de las energías renovables está cobrando un auge muy importante que requiere de un estudio y análisis pormenorizado, con el objetivo de determinar su importancia real y su potencial de crecimiento y de arrastre de la economía en su conjunto.

El análisis *Input/Output* puede emplearse justamente con este objetivo: conocer y prever la evolución y relevancia del sector energético en la economía española en su conjunto y, en concreto, analizar su impacto en los niveles de empleo.

Comenzando con unas notas sobre la metodología *Input/Output* del Director de la Cátedra de Energía de Orkestra, Eloy Álvarez Pelegry, a continuación se presentan, los textos de las ponencias presentadas en la jornada, así como un estudio realizado por Juan Antonio Vega Cervera que no fue presentado en la Jornada, pero que consideramos importante para este report monográfico sobre la metodología *Input/Output* y las aplicaciones en el campo de la energía, ya que se basa en la metodología tratada en la jornada y además hace un estudio de impacto en el empleo, que consideramos muy relevante. Final-

mete se presenta un resumen de los estudios presentados y las biografías de los autores pueden consultarse en la web de Orkestra.

El objetivo fundamental de esta jornada «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo», fue el de la puesta en común y el debate de las experiencias de todos los participantes. Con esto, pudimos clarificar planteamientos y obtener nuevas ideas que esperamos, que sean provechosas en nuestros posteriores análisis e investigaciones.

Esperamos que la lectura resulte de interés para el lector y sirva para alimentar foros de reflexión y debate sobre este tema.

Por último, no quisiera finalizar sin agradecer la colaboración del equipo de trabajo de la Cátedra de Energía de Orkestra para la organización de esta jornada y al conjunto de los miembros de Orkestra. Me gustaría dar también las gracias a Mikel Vega por su contribución para la edición de este documento.

Ponencias

Una revisión de las matrices de contabilidad social y de los modelos de equilibrio general aplicado en España

Presentado por *Manuel Alejandro Cardenete*
Catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Pablo de Olavide,
Investigador de la Joint Research Centre de la Comisión Europea

Mari Carmen Delgado
Universidad Pablo de Olavide

1. Introducción

Desde los orígenes de la ciencia económica, ha estado presente la necesidad de disponer de instrumentos analíticos para avanzar en el conocimiento de los hechos económicos. En las últimas décadas se ha producido un desarrollo creciente de los modelos de equilibrio general aplicado (MEGA), como instrumentos de análisis de los fenómenos económicos y de las intervenciones públicas en la economía.

El equilibrio general aplicado acude a la fuente teórica del equilibrio general, inspirada por el sistema walrasiano de integración e interdependencia económica entre todos los agentes, convirtiéndolo en plenamente operativo. Así pues, un MEGA puede definirse como una representación empírica de una economía, bajo la cual los mercados están interrelacionados y los precios de bienes, servicios y factores primarios garantizan la situación de equilibrio de dicha economía. Las hipótesis de comportamiento incorporadas en estos modelos, las especificaciones tecnológicas, las parametrizaciones de los datos a partir de las cuentas nacionales y otras fuentes y su nivel de desagregación, tanto en producción como en consumo, proveen una nueva percepción de la asignación de recursos y de la distribución de la renta ante políticas alternativas, a partir de lo que se conoce como análisis de estática comparativa¹.

El análisis del equilibrio general estuvo confinado durante mucho tiempo únicamente al ámbito de la teoría; su desarrollo, sobre todo a partir de la mitad de los setenta, cuando las autoridades económicas vieron en esta teoría un instrumento descriptivo de gran utilidad, lo ha convertido en una herramienta valiosa para el trabajo de política económica aplicada. Este progreso fue debido, en gran parte, a la mejora que sobre la teoría propiciaron autores como Arrow y Debreu (1954), que formalizaron matemáticamente el concepto de equilibrio competitivo y demostraron su existencia en condiciones generales, aportando una solución definitiva a la conjetura de Walras. Posteriormente, el desarrollo de los algoritmos computacionales y su aplicación en el software informático, ha supuesto el vínculo imprescindible entre los aspectos teóricos formales del equilibrio general y la realidad económica cuantificable. Gracias a todo ello, en la actualidad no sólo es posible la obtención de soluciones de equilibrio, sino que además los costes de ejecución de los MEGA son perfectamente manejables por el investigador.

En el terreno empírico, la construcción de un MEGA exige conocer el valor de todos los parámetros o variables exógenas del modelo. Estos parámetros pueden obtenerse mediante estimaciones econométricas o, por el contrario, pueden obtenerse mediante el procedimiento de calibración. Las exigencias de la calibración en el plano empírico son menores en comparación a las estimaciones econométricas, y ello

¹ Para más información, véase Cardenete, Guerra y Sancho (2012).

explica que esta técnica sea muy habitual en la disciplina del equilibrio general aplicado. Asimismo, en gran parte de los modelos de equilibrio general los parámetros se calibran a partir de una base de datos consistente y sistemática, conocida como matriz de contabilidad social (MCS)².

Una Matriz de Contabilidad Social (MCS) o Social Accounting Matrix (SAM) es una base de datos que representa de un modo consistente, para un período de referencia, todos los flujos de bienes, servicios y renta entre todos los agentes de una economía; es decir, es una representación matricial a nivel desagregado del flujo circular de la renta. Dichas transacciones reflejan las relaciones existentes entre los agentes económicos, describiendo las operaciones de producción, de distribución, de uso de la renta y de acumulación. Puesto que recoge todas las interacciones existentes en una economía, constituye un sistema contable de equilibrio general.

Una MCS proporciona información referida a un año de aspectos tales como la estructura, composición y nivel de la producción, el valor añadido generado por los factores de producción y la distribución de la renta entre los diferentes grupos de economías domésticas. Al incluir tanto las transacciones que se realizan en los Sectores Productivos como las que se realizan en los Sectores Institucionales así como las transacciones entre Sector Productivo y Sectores Institucionales, nos proporciona una visión global de la estructura económica de una nación o región.

En cuanto a su estructura, una MCS es una base de datos, en formato de cuadro de doble entrada, que recoge el flujo de ingresos y gastos de todos los agentes de una economía en un período temporal de referencia. Por convenio, en las filas de la MCS se representan los ingresos monetarios de las cuentas y en las columnas se muestran los respectivos gastos. A partir de la estructura contable que representa una MCS se pueden observar las diferentes identidades macroeconómicas que verifica. En el nivel más simplificado se pueden representar mediante las siguientes expresiones: PIB desde la perspectiva del gasto, PIB desde la perspectiva de la renta, usos de la renta, cuentas públicas y cuenta exterior.

Las MCS comenzaron a construirse en la década de los sesenta, siendo el pionero Stone (1962), quien desarrolló el concepto de Matriz de Contabilidad Social y quien elaboró el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas de 1968 (SCN68), donde se incluyen por primera vez las MCS como un método alternativo de presentación del sistema completo de cuentas.

Dada la importancia que estaban adquiriendo las MCS, en la década de los noventa los sistemas de cuentas nacionales propusieron un método para construirlas. Así lo hace el Sistema Europeo de Cuentas Nacionales y Regionales publicado en 1995 (SEC95)³, que es el marco contable para los países de la Unión Europea y es la versión europea del Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas (SCN93). El SEC95 sustituye al Sistema Europeo de Cuentas Económicas Integradas publicado en 1970 (SEC70) y es de obligado cumplimiento en los países de la Unión Europea para la elaboración de las estadísticas económicas a nivel nacional y regional.

El objetivo de este capítulo es presentar una revisión de las Matrices de Contabilidad Social y de las aplicaciones que los modelos de equilibrio general han tenido en la economía española, tanto a nivel nacional como regional.

2. Matriz de Contabilidad Social y el Modelo de Equilibrio General Aplicado en España

2.1. Las Matrices de Contabilidad Social

Aunque las Matrices de Contabilidad Social se construyen desde varias décadas atrás, en España no fue hasta mediados de los años 80 cuando apareció la primera matriz, elaborada por Kehoe *et al.* (1988). A partir de esa primera matriz se elaboraron otras que representaron a la economía española. Entre ellas podemos encontrar: la matriz elaborada por Uriel (1990), la elaborada por Polo y Sancho

² Véase, por ejemplo, Pyatt (1988) o Pyatt y Round (1985) para una descripción de estas bases de datos.

³ Publicado como Reglamento (CE) n.º 2223/96 del Consejo de 25 de junio de 1996 relativo al sistema europeo de cuentas nacionales y regionales de la Comunidad.

(1993), la de Uriel *et al.* (1997) para el Instituto Nacional de Estadística, las desarrolladas en los trabajos de Fernández y Polo (2001), de Rubio (2001), de Morilla y Llanes (2004), de Uriel *et al.* (2005), de Llanes *et al.* (2005), de Cardenete, y Sancho (2006), de Morilla, Cardenete y Llanes (2009), de Cámara, Flores y Fuentes (2009) o de Cansino, Cardenete, Ordóñez y Román (2012).

A continuación, en la tabla 1, se recogen las citadas contribuciones, el año en el que se publicaron y para el que se elaboraron dichas MCS para España.

Tabla 1. *Matrices de Contabilidad Social para España*

<i>Autor</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Año de referencia</i>
Kehoe <i>et al.</i>	1988	1980
Uriel	1990	1980
Polo y Sancho	1993	1987
Uriel <i>et al.</i>	1997	1990
Fernández y Polo	2001	1990
Rubio	2001	1990
Morilla y Llanes	2004	2000
Morilla, Cardenete y Llanes	2005	1995-1998
Uriel <i>et al.</i>	2005	1995
Cardenete y Sancho	2006	1995
Morilla, Cardenete y Llanes	2009	2000
Cámara, Flores y Fuentes	2009	2005
Cansino, Cardenete, Ordóñez y Román	2012	2006

Fuente: Elaboración propia a partir de Monrobel (2010).

2.2. *Los Modelos de Equilibrio General Aplicado*

El primer intento de construir un modelo de equilibrio general aplicado para España se atribuye a Ahijado (1983). El objetivo de este trabajo se centraba en evaluar el impacto sobre la economía española de la reforma del impuesto sobre la renta del año 1979. Sin embargo, el modelo presentado mostraba una serie de singularidades que lo alejaban de la metodología propia del equilibrio general walrasiano. En concreto, no era posible la calibración del modelo con la que reproducir el equilibrio de referencia, dada la falta de una base de datos consistente.

No fue hasta mediados de la década de los ochenta cuando en España se dieron los primeros pasos en el uso de los modelos walrasianos como herramienta de simulación. Así, el modelo precursor con una estructura propia de equilibrio general se construye por Kehoe, Manresa, Noyola, Polo, Sancho (1988). Este modelo, que se llamó MEGA-1, marca el inicio en el equilibrio general computable en España. En él se analizó el impacto de la introducción del Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) en la economía española, en sustitución del antiguo régimen de imposición indirecta en cascada basado en el Impuesto sobre el Tráfico de las Empresas (ITE). A partir de este momento, comienzan a publicarse otros trabajos basados en los modelos de equilibrio general. En Manresa, Polo y Sancho (1988) se evaluaba el nuevo régimen de imposición indirecta mediante un modelo de coeficientes fijos en la producción y en el gasto, que suponía una generalización del marco *Input/Output* clásico. Adicionalmente, Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1989) utilizaron la estructura del MEGA-1 para efectuar un análisis de sensibilidad de los resultados de la introducción del IVA ante cambios en la regla de cierre del modelo, modificando las variables endógenas y exógenas respectivamente.

Posteriormente se desarrolló el MEGA-2, que sirvió de base analítica para evaluar el impacto del Acta Única Europea sobre la economía española (Polo y Sancho, 1993a). Siguiendo esta línea de trabajo, y explotando el desarrollo del MEGA-2, Polo y Sancho (1990) cuantificaron el papel de las cuotas empresariales a la Seguridad Social sobre la economía española, mediante la disminución de un 30% en los tipos impositivos de este impuesto.

Paralelamente, el MEGA-2 sirvió de marco para evaluar las consecuencias sobre la economía española de algunas reformas fiscales. Así, Polo y Sancho (1991) analizaron distintas modificaciones impositivas que garantizaran un mismo nivel en la recaudación del sector público. Concretamente, se simuló una sustitución de cotizaciones empresariales a la Seguridad Social por IVA y una sustitución de IRPF por IVA, haciendo una especial referencia en la eficiencia asociada a dichas modificaciones impositivas. Sobre la base del MEGA-2, en Polo y Sancho (1993b) se efectuó una validación ex-post de los resultados con relación a la liberalización comercial del Acta Única Europea.

Por otra parte, Kehoe, Polo y Sancho (1995) presentan un contraste ex-post de los resultados reportados por el MEGA-1 con relación a la reforma fiscal del año 1986. El estudio acerca de la validez del modelo se completa con un análisis de sensibilidad a la especificación del mercado de trabajo y a la regla de cierre. Los autores concluyen que, en general, los resultados del modelo fueron robustos si se tienen en cuenta los shocks exógenos que afectaron a la economía española en el año 1986.

La publicación de la SAM de España de 1990 propició la posterior aparición de modelos computacionales que utilizan esta matriz como base numérica para la calibración de los respectivos parámetros o variables exógenas. En esta línea, Ferri (1998) analiza los efectos sobre la economía española derivados de un aumento del gasto público en educación. Por otra parte, Gómez (1998) presenta un modelo de equilibrio general de la economía española con dos versiones, competitivo y no competitivo, para evaluar los efectos del Mercado Único Europeo.

La problemática de la inmigración se ha materializado también en aportaciones de equilibrio general aplicado para la economía española. En este ámbito, Ferri, Gómez y Martín (2001) estudian las consecuencias de la creciente entrada de inmigrantes, mediante un modelo de equilibrio general computable de competencia perfecta en los mercados. Posteriormente, Ferri, Gómez y Martín (2002), utilizan el anterior modelo para evaluar las consecuencias sobre la economía española ante una posible movilidad intersectorial de inmigrantes, combinada con una situación de discriminación salarial en el mercado laboral. Adicionalmente, Sancho (2004) presenta una cuantificación del coste marginal en bienestar del sistema impositivo español mediante un modelo de equilibrio general aplicado.

El problema de la contaminación medioambiental ha propiciado el desarrollo de aportaciones que se enmarcan dentro de la disciplina del equilibrio general aplicado. Como exponente de MEGA medioambiental aplicado al caso español, podemos citar a Manresa y Sancho (2005), donde se utiliza un modelo de equilibrio general para analizar la existencia del doble dividendo (reducción de emisiones, aumento de bienestar y aumento del empleo) en la economía española.

En la tabla 2 también se recogen las contribuciones de los modelos no competitivos de la economía española, como el trabajo de Roland-Host, Polo y Sancho (1995) en el que se analiza los efectos de la liberalización comercial sobre la economía española, a partir de una representación con rendimientos crecientes a escala en algunos sectores de producción. Posteriormente, Gómez (1998) construye un modelo de competencia imperfecta basado en una representación de oligopolio de Cournot con libertad de entrada y salida en la industria manufacturera y en los servicios. Sobre la base de este modelo, Bajo y Gómez (2000) amplían el análisis mediante la incorporación de supuestos acerca del tamaño del país.

Dentro del análisis de políticas fiscales, Gómez (1999) analiza la reforma de las cotizaciones empresariales a la Seguridad Social del año 1995. Más tarde, Bajo y Gómez (2004) efectúan una ampliación del anterior modelo mediante una desagregación de los hogares de la economía en doce categorías diferenciadas. Con relación al análisis de la política medioambiental, Gómez y Kverndokk (2002) analizan aspectos de fiscalidad y medio ambiente mediante un modelo de equilibrio general de competencia imperfecta.

En los últimos años han ido aumentando los trabajos en los que se aplica la metodología de equilibrio general, predominando aquellos que se encuentran clasificados en el ámbito de política medioambiental. Podemos destacar en este ámbito trabajos como el de Labandeira, Labeaga y Rodríguez (2005), que simulan una hipotética reforma en España introduciendo un impuesto sobre las emisiones de CO₂, con reducción simultánea en las cotizaciones sociales, proporcionando una doble ganancia de bienestar (ambiental y fiscal), el de André y Cardenete (2008, 2010) en el que diseñan políticas públicas combinando técnicas multicriterio y la modelización de equilibrio general computable que les permite construir un conjunto de políticas eficientes en términos de crecimiento económico y emisiones contaminantes,

así como ampliar el conjunto de objetivos de política, en André, Cardenete y Romero (2009) se propone una metodología para abordar el diseño conjunto de políticas macroeconómicas y políticas del medio ambiente, teniendo en cuenta objetivos macroeconómicos (crecimiento económico, inflación, desempleo, déficit público) y las metas ambientales (CO₂, NOx y SOx las emisiones) en este contexto de un modelo de equilibrio general computable, en Labandeira y Rodríguez (2010) se analiza la eficiencia y los efectos distributivos del sistema de emisiones de la UE, y también incorporaran algunas simulaciones hipotéticas (un ámbito más amplio del mercado, impuestos al carbono) y por último en Rodrigues, Linares y Gómez (2011) se evalúan los efectos indirectos de la reducción de la demanda de electricidad de los hogares para el mercado español.

En el ámbito de política fiscal podemos encontrar también trabajos recientes como el de Gómez y Pascual (2009) que cuantifica y analiza a través de un modelo de equilibrio general los efectos que podrían derivarse de la reducción del fraude fiscal, el de André y Cardenete (2009) que cuantifica el *trade-off* entre dos objetivos de política específicos como son el crecimiento y la inflación en el momento de diseñar la política fiscal y el de Cardenete (2009) que realiza una primera aproximación a un escenario de mayor federalismo fiscal, a través de un modelo de equilibrio general computable bi-regional, que sigue la doctrina tradicional de equilibrio walrasiano, ampliado con la inclusión del sector público y del sector exterior, y basado en las matrices de contabilidad social de Andalucía y España.

A continuación mostramos la tabla 2, que contiene una agrupación de los MEGAs de la economía española citados anteriormente:

Tabla 2. Modelos de Equilibrio General Aplicado de la economía española

	Publicación	Simulación
Política fiscal	Kehoe, Manresa, Noyola, Polo, Sancho (1988)	Introducción del IVA
	Manresa, Polo y Sancho (1988)	Introducción del IVA
	Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1989)	Introducción del IVA y sensibilidad al cierre
	Polo y Sancho (1990)	Reducción 30% cotizaciones sociales de empresarios
	Polo y Sancho (1991)	Sustitución IRPF y cotizaciones sociales por IVA
	Kehoe <i>et al.</i> (1995)	Efectos del IVA
	Ferri (1998)	Incremento del gasto público en educación
	Gómez (1999)	Reforma fiscal 1995
	Bajo y Gómez (2004)	Reducción cotizaciones sociales por niveles de cualificación
	Sancho (2004)	Aumento marginal de todos los tipos impositivos
	Gómez y Pascual (2009)	Reducción del fraude fiscal
	André y Cardenete (2009)	Eficiencia de las políticas
Cardenete (2009)	Federalismo fiscal	
Política comercial	Polo y Sancho (1993a)	Mercado Único Europeo
	Roland-Holst, Polo y Sancho (1995)	Liberalización comercial
	Gómez (1998)	Mercado Único Europeo
	Bajo y Gómez (2000)	Mercado Único Europeo y supuestos acerca del tamaño del país
Validación ex-post	Polo y Sancho (1993b)	Efectos Mercado Único Europeo
	Kehoe, Polo y Sancho (1995)	Efectos IVA y sensibilidad (cierre y mercado trabajo)
Inmigración	Ferri, Gómez y Martín (2001)	Entrada de inmigrantes
	Ferri, Gómez y Martín (2002)	Entrada de inmigrantes y movilidad sectorial
Política medioambiental	Gómez y Kverndokk (2002)	Sustitución de cotizaciones sociales por impuestos de emisión CO ₂
	Manresa y Sancho (2005)	Sustituciones impositivas por impuestos emisiones CO ₂
	Labandeira, Labeaga y Rodríguez (2005)	Efectos de una reforma fiscal verde
	André y Cardenete (2008)	Diseño de políticas eficientes
	André, Cardenete y Romero (2009)	Política macroeconómica y ambiental
	André y Cardenete (2010)	Eficiencia de la política ambiental
Labandeira y Rodríguez (2010)	Eficiencia del sistema de emisiones de la UE	
Rodrigues, Linares y Gómez (2011)	Reducción de la demanda de electricidad de los hogares	

Fuente: Elaboración propia a partir de Cardenete y Llop (2005).

3. Matriz de Contabilidad Social y el Equilibrio General Aplicado regional

3.1. Las Matrices de Contabilidad Social regionales

La descentralización administrativa y la paulatina asunción de competencias por parte de las Comunidades Autónomas españolas han provocado que desde el año 1986 el Instituto Nacional de Estadística (INE), elabore la Contabilidad Regional de España. Independientemente del interés de las Comunidades Autónomas de contar con una MCS regional, la publicación de la mayoría de las MCS regionales pertenecen al ámbito académico y científico y no de forma oficial a los institutos de estadística.

En este epígrafe se realizará una breve descripción de todas las MCS regionales que se han elaborado en nuestro país, con el fin de tener una visión global de los trabajos que se han realizado en este ámbito de investigación.

La primera MCS regional fue publicada por Curbelo (1986) para Andalucía referida al año 1980. A partir de esa primera matriz regional, se elaboraron otras, entre las que podemos encontrar: Rubio (1995) que elaboró una MCS para Castilla-León referida al año 1985, Manresa y Sancho (1997) publicaron una MCS para Cataluña con datos del año 1987, Cardenete (1998) elaboró la segunda MCS para Andalucía referida al año 1990, este mismo año De Miguel *et al.* (1998) elaboraron la MCS para la comunidad extremeña referida al año 1990, actualizada más tarde por De Miguel, Cardenete y Pérez (2005) al año 2000. Llop y Manresa (1999) publicaron la segunda MCS para Cataluña referida al año 1994. En el mismo año Manrique de Lara (1999) elaboró la primera MCS de Canarias para el año 1990. La tercera para Andalucía fue elaborada por Cardenete y Moniche (2001) para el año 1995, que más tarde, fue ampliada incluyendo una desagregación de impuestos por Cardenete y Sancho (2003). Lima y Cardenete (2006) publicaron la cuarta MCS para Andalucía, ahora para el año 1999. Para Asturias se dispone de dos MCS para el año 1995 publicadas por Ramos *et al.* (2001) y Argüelles y Benavides (2003). Para Galicia se publicó la MCS del año 1999 por Fernández *et al.* (2006). Baleares dispone de

Tabla 3. Matrices de Contabilidad Social regionales

Autores	Región	Año de publicación	Año de referencia
Curbelo	Andalucía	1986	1980
Rubio	Castilla y León	1995	1985
Manresa y Sancho	Cataluña	1997	1987
Cardenete	Andalucía	1998	1990
De Miguel <i>et al.</i>	Extremadura	1999	1990
Llop y Manresa	Cataluña	1999	1994
Manrique de Lara	Canarias	2001	1990
Cardenete y Moniche	Andalucía	2001	1995
Ramos <i>et al.</i>	Asturias	2001	1995
Argüelles y Benavides	Asturias	2003	1995
Cardenete y Sancho	Andalucía	2004	1995
Gómez, Tirado y Rey-Maqueira	Baleares	2004	1997
De Miguel <i>et al.</i>	Extremadura	2005	2000
Lima y Cardenete	Andalucía	2006	1999
Fernández-Macho <i>et al.</i>	Galicia	2006	1999
Polo y Valle	Baleares	2007	1997
Cámara	Madrid	2008	2000
Mainar y Flores	Aragón	2009	1999
Cardenete y Fuentes	Andalucía	2009	2005
Cardenete, Fuentes y Polo	Andalucía	2010	2000
Mainar <i>et al.</i>	Aragón	2009	2005
Monrobel	Madrid	2010	2002
Pérez y Cámara	Aragón	2010	2005
Cámara <i>et al.</i>	Madrid	2010	2005

Fuente: Elaboración propia a partir de Cámara, Cardenete y Monrobel (2011).

dos MCS para el año 1997 publicadas por Gómez *et al.* (2004) y por Polo y Valle (2007). La Comunidad Autónoma de Aragón dispone de una MCS para el año 1999, y dos para el año 2005, publicadas por Flores y Mainar (2009), por Mainar, Flores y Duarte (1999) y por Pérez y Cámara (2010) respectivamente. Las dos últimas para Andalucía han sido elaboradas por Cardenete y Fuentes (2009) y Cardenete, Fuentes y Polo (2010) para el año 2005 y para el año 2000 respectivamente. La primera para la Comunidad de Madrid fue publicada por Cámara (2008) referida al año 2000, Monrobel (2010) elaboró la segunda para el año 2002 y Cámara *et al.* (2010) elaboraron la tercera para el año 2005.

En la página anterior presentamos en la tabla 3 las matrices de contabilidad social regionales que hemos descrito en este epígrafe.

3.2. *Los Modelos de Equilibrio General Aplicado regionales*

Como se ha comentado anteriormente, la aparición de información estadística a nivel regional en España ha dado lugar a la creación de modelos de equilibrio general aplicados en el ámbito regional.

Esta incipiente regionalización del equilibrio general aplicado presenta un indudable interés, en el sentido que permite acercarnos a ámbitos económicos particulares, en los que las políticas públicas o los nuevos escenarios económicos pueden producir unos efectos específicos, difiriendo de aquéllos que serían representativos del conjunto de la economía española.

A raíz de la publicación de la MCS de Andalucía para el año 1995 fueron Cardenete y Sancho (2003), los que elaboraron un modelo de equilibrio general para Andalucía, el cual, evaluaba las consecuencias regionales de la reforma del IRPF acontecida en el año 1999. Sobre la base del anterior modelo, en Cardenete (2004) se analizan los efectos de las cotizaciones empresariales a la Seguridad Social en la economía andaluza.

Siguiendo esta línea de investigación, se han elaborado otros modelos para la economía andaluza, pero con diferentes aplicaciones. El problema de la contaminación medioambiental en la región andaluza ha sido estudiado por André, Cardenete y Velázquez (2005), que evalúan el impacto de la incorporación de un impuesto ecológico compensado por una reducción del impuesto sobre la renta o, alternatively, de las cotizaciones de empresarios a la Seguridad Social, bajo la hipótesis de déficit público constante y por Fuentes (2008) que evalúa posibles medidas en política medioambiental, que posibiliten la reducción de emisiones contaminantes y analiza sus efectos sobre la economía regional.

Por otro lado, el problema de escasez de agua, se analiza en trabajos como Velázquez, Cardenete y Hewings (2006) donde se analizan los efectos que tendría un incremento en la tarifa del agua del sector agrario sobre la conservación del recurso, la eficiencia en el consumo y la posible relocalización sectorial del mismo; unos años más tarde este trabajo será mejorado por Cardenete y Hewings (2011). Un objetivo similar se persigue en Cardenete y Velázquez (2008) donde se analiza la posible mejora de la eficiencia en el consumo de agua debido a la modernización de los sistemas tecnológicos de riego en la agricultura andaluza.

En la aplicación de modelos de equilibrio general referentes a energía renovables, los trabajos de Cardenete *et al.* (2010) estiman el impacto económico regional del desarrollo de las energías renovables basadas en el uso de la biomasa y en Cansino *et al.* (2011) estiman el impacto sobre las actividades productivas del incremento de la capacidad de las plantas termosolares instaladas en Andalucía.

Otra aplicación de estos modelos se estudia en Lima y Cardenete (2007, 2008 y 2009) y Lima, Cardenete y Usabiaga (2010) donde se analiza el impacto que han tenido los Fondos Estructurales Europeos sobre esta región en distintos marcos de programación. Por último, para Andalucía se han realizado otras aportaciones referidas a políticas públicas, federalismo fiscal y análisis de la inflación y el desempleo como son los trabajos de André y Cardenete (2009), Cardenete (2009) y André *et al.* (2012), respectivamente.

El primer exponente de equilibrio general para Cataluña se presenta en Manresa y Sancho (2004), que toma como referencia el año 1987. El trabajo analiza la intensidad energética sectorial de la economía catalana mediante el uso de los modelos lineales de multiplicadores y se estiman las cifras globales de emisiones contaminantes, con distinción entre aquellas emisiones originadas en el ámbito productivo y aquellas emisiones procedentes del consumo final. Adicionalmente, Llop y Manresa (2004) presentan

un modelo de equilibrio general para la economía catalana cuyo objetivo consiste en analizar las consecuencias regionales de una posible reforma en las cotizaciones de empresarios a la Seguridad Social, incorporando distintos supuestos de incidencia de esta figura impositiva entre los empresarios y/o trabajadores. Unos años más tarde Llop y Ponce (2012) analizan las ventajas y desventajas asociadas a distintos instrumentos de política que pueden ser aplicados a la gestión del agua en Cataluña.

Para la economía de Extremadura, De Miguel (2003) presenta un modelo de equilibrio general con el objetivo de analizar una posible reforma de la Política Agraria Común que eliminara las subvenciones que recibe el sector agrario de la Unión Europea y De Miguel, Cardenete y Pérez (2009) simulan los efectos sobre la economía de Extremadura que se producirían por un nuevo impuesto sobre la ventas minoristas de algunos hidrocarburos.

El mercado del agua en las Islas Baleares también ha sido objeto de estudio mediante este tipo de modelos. Gómez, Tirado y Rey-Maqueira (2004) estiman con un modelo de equilibrio general las ganancias de bienestar a través de un intercambio voluntario de agua y Tirado, Lozano y Gómez (2006, 2010), analizan las ganancias potenciales en bienestar asociadas al establecimiento de un mercado de derechos sobre agua para uso agrícola y simulan los efectos de un mercado de agua en la agricultura ante escenarios de reducción en la dotación de agua, respectivamente. También el sector turístico balear ha sido analizado; en Valle (2007) se construye un MEGA con el que se analiza, por un lado, los efectos que tendría en el conjunto de la economía de Baleares una reducción del turismo de un 10% y en segundo lugar, se estudian los impactos económicos de una serie de posibles reformas fiscales (disminución del IRPF, incrementos en las cotizaciones sociales, etc.) en la economía de las islas Baleares.

A continuación presentamos en la tabla 4 los MEGAs regionales citados en este epígrafe.

Tabla 4. Modelos de Equilibrio General Aplicado regionales

<i>Autores</i>	<i>Región</i>	<i>Año de publicación</i>	<i>Simulación</i>
Cardenete y Sancho	Andalucía	2003	Reforma del IRPF
Cardenete	Andalucía	2004	Efectos de las cotizaciones empresariales
André, Cardenete y Velázquez	Andalucía	2005	Impuesto ecológico vs reducción IRPF
Velázquez, Cardenete y Hewings	Andalucía	2006	Incremento de la tarifa del agua en el sector agrario
Lima y Cardenete	Andalucía	2007	Fondos Estructurales Europeos
Fuentes	Andalucía	2008	Introducción de una ecotasa por emisiones de CO ₂
Lima y Cardenete	Andalucía	2008	Fondos Estructurales Europeos
Cardenete y Velázquez	Andalucía	2008	Eficiencia en el consumo de agua
Lima, Cardenete y Usabiaga	Andalucía	2010	Fondos Estructurales Europeos
Lima y Cardenete	Andalucía	2009	Fondos Estructurales Europeos
André y Cardenete	Andalucía	2009	Políticas públicas
Cardenete	Andalucía	2009	Federalismo fiscal
Cardenete <i>et al.</i>	Andalucía	2010	Energía renovables
Cardenete y Hewings	Andalucía	2011	Incremento del precio del agua en el sector agrícola
Cansino <i>et al.</i>	Andalucía	2011	Instalación de una planta termosolar
André <i>et al.</i>	Andalucía	2012	Desempleo vs Inflación
Manresa y Sancho	Cataluña	2004	Sustituciones impositivas por impuestos a emisiones de CO ₂
Llop y Manresa	Cataluña	2004	Reforma en las cotizaciones empresariales
Llop y Ponce	Cataluña	2012	Políticas de abastecimiento de agua
De Miguel	Extremadura	2003	Reforma de la PAC
De Miguel, Cardenete y Pérez	Extremadura	2009	Inclusión de un impuesto a determinados hidrocarburos
Gómez, Tirado y Rey-Maqueira	Islas Baleares	2004	Ganancias de bienestar a través del intercambio voluntario de agua
Tirado, Lozano y Gómez	Islas Baleares	2006	Establecimiento de un mercado de derechos sobre agua para uso agrícola
Valle	Islas Baleares	2007	Reformas fiscales Reducción del consumo turístico
Tirado, Lozano y Gómez	Islas Baleares	2010	Reducción en la dotación de agua

Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

A lo largo de los años, las aportaciones de equilibrio general para la economía española se han centrado en diversas temáticas económicas, como la política fiscal, comercial, medioambiental o la inmigración, lo que pone de manifiesto la versatilidad del equilibrio general en el estudio de los hechos económicos y el gran potencial de estos modelos como herramienta de investigación.

A causa de la publicación de la Contabilidad Regional de España por parte de los institutos de estadística, las aportaciones de equilibrio general han aumentado en los últimos años, abriéndose una nueva vertiente de publicación con la construcción de modelos de equilibrio general aplicado a nivel regional, que permite profundizar en los efectos particulares de cada región, mejorando por tanto la capacidad explicativa de los modelos y permitiendo el avance en el conocimiento de las realidades económicas individualizadas.

En los últimos años, la literatura del equilibrio general aplicado está también incorporando comportamientos dinámicos y expectativas en los agentes. Así, de un mismo modo, la globalización creciente de los escenarios económicos hace necesario avanzar en la elaboración de modelos multirregionales o múltiples, para captar las nuevas interacciones que se producen en los mercados internacionales.

De esta forma, el desarrollo de técnicas para la solución empírica de los modelos de equilibrio general walrasiano ha abierto el campo de la modelización aplicada y ha permitido el uso de modelos para el análisis de muchos mercados simultáneamente. En España, el uso de estos modelos de equilibrio general como técnica de simulación no ha sido muy tardío, y en la actualidad, las instituciones gubernamentales están empezando a tener en cuenta estos modelos a la hora de tomar decisiones de política económica, sobre todo en el área fiscal.

5. Referencias

- AHIJADO, M. (1983): «Una evaluación empírica de algunos aspectos de la reforma fiscal de 1979», *Hacienda Pública Española*, vol. 81, pp. 213-229.
- ARGÜELLES, M. y BENAVIDES, C. (2003): «Una matriz de contabilidad social para Asturias», *Investigaciones Regionales*, 2, pp. 165-171.
- ANDRÉ, F.J. y CARDENETE, M.A. (2008): «Políticas económicas y ambientales eficientes en un contexto de equilibrio general aplicado», *Ekonomiaz*, vol. 67,1, pp. 72-91.
- ANDRÉ, F.J. y CARDENETE, M.A. (2009): «Designing Efficient Subsidy Policies in a Regional Economy. A MCDM-CGE Approach», *Regional Studies*, vol. 43,8, pp. 1035-1046.
- ANDRÉ, F.J. y CARDENETE, M.A. (2009): «Defining Efficient Policies in a General Equilibrium Model: A Multiobjective Approach», *Socioeconomic Planning Science*, vol. 43, pp. 192-200.
- ANDRÉ, F.J. y CARDENETE, M.A. (2010): «Obtaining Efficient Economic and Environmental Policies for the Spanish Economy», *The Empirical Economic Letters*, vol. 9,1, pp. 53-61.
- ANDRÉ, F.J.; CARDENETE, M.A. y LIMA, C. (2012): «Using a CGE Model to Identify the Policy Trade-off between Unemployment and Inflation. The Efficient Phillips Curve», *Economic Systems Research*, forthcoming.
- ANDRÉ, F.J.; CARDENETE, M.A. y ROMERO, C. (2009): «A Goal Programming Approach for a Joint Design of Macroeconomic and Environmental Policies: a Methodological Proposal and an Application to the Spanish Economy», *Environmental Management*, vol. 43, pp. 888-898.
- ANDRÉ, F.J.; CARDENETE, M.A. y VELÁZQUEZ, E. (2005): «Performing an Environmental Tax Reform in a Regional Economy», *Annals of Regional Science*, vol. 39, pp. 375-392.
- ARROW, K.J. y DEBREU, G. (1954): «Existence of an equilibrium for a competitive economy», *Econometrica*, vol. 22, pp. 265-290.
- BAJO, O. y GÓMEZ, A. (2000): «The role of country size and returns to scale in empirical assessments of economic integration: the case of Spain», *Documento de Trabajo*, 5, Departamento de Economía, Universidad Pública de Navarra.
- BAJO, O. y GÓMEZ, A. (2004): «Reducing social contributions on unskilled labour as a way of fighting unemployment: an empirical evaluation for the case of Spain», *FinanzArchiv*, vol. 60, pp. 160-185.
- CÁMARA, A. (2008): *Estimación de la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid para el año 2000*, Consejería de Economía y Hacienda, Comunidad de Madrid.
- CÁMARA, A.; CARDENETE, M.A. y MOROBEL, J.R. (2011): *Las Matrices de Contabilidad Social en España: una revisión regional*, Mimeo.

- CÁMARA, A.; MEDINA, A. y MONROBEL, J.R. (2010): *Evolución de la estructura económica de la Comunidad de Madrid en el quinquenio 2000-2005*, XXXVI Reunión de Estudios Regionales, Badajoz.
- CANSINO, J.M.; CARDENETE, M.A.; ORDÓÑEZ, M. y ROMÁN, R. (2012): «Análisis multisectorial de las intensidades energéticas en España», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 12, 1, pp. 73-100.
- CANSINO, J.M.; CARDENETE, M.A.; GONZÁLEZ, J.M. y PABLO-ROMERO, M.P. (2011): «Economic impacts of solar thermal electricity technology deployment on Andalusian productive activities: a CGE approach», *Annals of Regional Science*, forthcoming. <http://rd.springer.com/article/10.1007/s00168-011-0471-3>.
- CARDENETE, M.A. (1998): «Una matriz de contabilidad social para la economía andaluza: 1990», *Revista de Estudios Regionales*, vol. 52, pp. 137-153.
- CARDENETE, M.A. (2004): «Evaluación de una reducción de las cuota empresariales a la Seguridad Social a nivel regional a través de un modelo de equilibrio general aplicado: el caso de Andalucía», *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 22, 1, pp. 57-71.
- CARDENETE, M.A. (2009): «Federalismo fiscal a partir de un modelo de equilibrio general aplicado: Andalucía vs España», *Revista de Estudios Regionales*, vol. ext. VIII, pp. 359-366.
- CARDENETE, M.A. y FUENTES, P. (2009): *Una estimación de la matriz de contabilidad social de Andalucía de 2005 a precios de adquisición*, III Jornadas Españolas de Análisis Input/Output, Albacete.
- CARDENETE, M.A.; FUENTES, P.D. y POLO, C. (2010): «Sectores clave de la economía andaluza a partir de la matriz de contabilidad social regional para el año 2000», *Revista de Estudios Regionales*, vol. 88, pp. 15-44.
- CARDENETE, M.A.; GONZÁLEZ, J.M.; PABLO-ROMERO, M.P. y ROMÁN, R. (2010): «Impacto de un incremento de la capacidad de generación de energía a partir biomasa en plantas de cogeneración», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 10,2, pp. 159-182.
- CARDENETE, M.A.; GUERRA, A.I. y SANCHO, F. (2012): *Applied General Equilibrium. An Introduction*, Springer.
- CARDENETE, M.A. y HEWINGS, G.J.D. (2011): «Water Price and Water Sectorial Reallocation in Andalusia. A Computable General Equilibrium Approach», *Environmental Economics*, vol. 2, 1, pp. 17-27.
- CARDENETE, M.A. y LLOP, M. (2005): «Los modelos de equilibrio general aplicado en España: una revisión», *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 23,2, pp. 160-185.
- CARDENETE, M.A. y MONICHE, L. (2001): «El nuevo marco Input/Output y la SAM de Andalucía para 1995», *Cuadernos Ciencias Económicas y Empresariales*, vol. 41, pp. 13-31.
- CARDENETE, M.A. y SANCHO, F. (2003): «Evaluación de multiplicadores contables en el marco de una matriz de contabilidad social regional», *Investigaciones Regionales*, vol. 2, pp. 121-139.
- CARDENETE, M.A. y SANCHO, F. (2003): «An Applied General Equilibrium Model to Assess the Impact of National Tax Changes on a Regional Economy», *Review of Urban and Regional Development Studies*, vol. 15, 1, pp. 55-65.
- CARDENETE, M.A. y SANCHO, F. (2006): «Elaboración de una matriz de contabilidad social a través del método de entropía cruzada: España 1995», *Estadística Española*, vol. 48, 161, pp. 67-100.
- CARDENETE, M.A. y VELÁZQUEZ, E. (2008): «Ahorro de agua mediante la implantación de nuevas tecnologías en el sector productivo andaluz», *Revista Innovación*, vol. 9, pp. 25-27.
- CURBELO, J.L. (1986): «MEDEA (Modelo Endógeno de Desarrollo Económico para Andalucía)», *Revista de Estudios Andaluces*, vol. 7, pp. 13-36.
- FERNÁNDEZ, J.; GALLESTEGUI, C. y GONZÁLEZ, P. (2006): «Medición de impactos económicos a partir de una matriz de contabilidad social: el sector pesquero en Galicia», *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, vol. 22, pp. 41-79.
- FERNÁNDEZ, M. y POLO, C. (2001): «Una nueva matriz de contabilidad social para España: La SAM-90», *Estadística Española*, vol. 148, pp. 281-311.
- FERRI, F.J. (1998): *Efectos del gasto público en educación* (tesis doctoral), Departamento de Análisis Económico, Universidad de Valencia.
- FERRI, F.J.; GÓMEZ, A. y MARTÍN, J. (2001): «General equilibrium effects of increasing immigration: the case of Spain», *Documentos de Trabajo*, 2, Departamento de Análisis Económico, Universidad de Valencia.
- FERRI, F.J.; GÓMEZ, A. y MARTÍN, J. (2002): «International immigration and mobility across sectors: an exploration of alternative scenarios for Spain», *Documento de Trabajo*, 16, Departamento de Economía, Universidad Pública de Navarra.
- FLORES, M. y MAINAR, A. (2009): «Matriz de contabilidad social y multiplicadores contables para la economía aragonesa», *Estadística Española*, 51, 172, pp. 431-469.
- FUENTES, P. (2008): *Modelos multisectoriales para la evaluación de políticas medioambientales. Una aplicación a la Economía Andaluza* (tesis doctoral), Universidad de Sevilla.
- GÓMEZ, A. (1998): *Efectos del Mercado Único Europeo sobre la economía española: un análisis a través de un modelo de equilibrio general aplicado* (tesis doctoral), Departamento de Economía, Universidad Pública de Navarra.
- GÓMEZ, A. (1999): «Efectos de los impuestos a través de un modelo de equilibrio general aplicado de la economía española», *Papeles de Trabajo*, vol. 4, Instituto de Estudios Fiscales.
- GÓMEZ, A. y KVERNDOKK, S. (2002): *Can carbon taxation reduce Spanish unemployment?*, Ragnar Frisch Centre for Economic Research, University of Oslo, Mimeo.

- GÓMEZ, A. y PASCUAL, P. (2009): «Fraude fiscal e IVA en España: Incidencia en un modelo de equilibrio general», *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, vol. 199, pp. 9-52.
- GÓMEZ, C.M.; TIRADO, D. y REY-MAQUIEIRA, J. (2004): «Water exchanges versus water works: Insights from a computable general equilibrium model for the Balearic Islands», *Water Resour. Res.*, 40, W10502, doi: 10.1029/2004WR003235.
- KEHOE, T.J.; MANRESA, A.; NOYOLA, P.J.; POLO, C. y SANCHO, F. (1988): «A general equilibrium analysis of the 1986 tax reform in Spain», *European Economic Review*, vol. 32, pp. 334-342.
- KEHOE, T.J.; MANRESA, A.; POLO, C. y SANCHO, F. (1988): «Una matriz de contabilidad social de la economía española», *Estadística Española*, vol. 30, 117, pp. 5-33.
- KEHOE, T.J.; MANRESA, A.; POLO, C. y SANCHO, F. (1989): «Un análisis de equilibrio general de la reforma fiscal de 1986 en España», *Investigaciones Económicas*, vol. 13, pp. 337-385.
- KEHOE, T.J.; POLO, C. y SANCHO, F. (1995): «An evaluation of the performance of an applied general equilibrium model of the Spanish economy», *Economic Theory*, vol. 6, pp. 115-141.
- LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J.M. y RODRÍGUEZ, M. (2005): «Análisis de eficiencia y equidad de una reforma fiscal verde en España», *Cuadernos Económicos de ICE*, n.º 70.
- LABANDEIRA, X. y RODRÍGUEZ, M. (2010): «Wide and Narrow Approaches to National Climate Policies: a Case Study for Spain». *Climate Policy*, vol. 10,1, pp. 51-69.
- LIMA, C. y CARDENETE, M.A. (2006): «Análisis de los fondos estructurales en una economía regional a través de matrices de contabilidad social», *Presupuesto y Gasto Público*, 40, pp. 113-132.
- LIMA, C. y CARDENETE, M.A. (2007): «The Effects of European Structural Funds in a Regional Economy: an Applied General Equilibrium Analysis», *Applied Economic Letters*, vol. 14, pp. 851-855.
- LIMA, C. y CARDENETE, M.A. (2008): «A CGE Model to Assess the Impact of European Structural Funds in the South of Spain», *European Planning Studies*, vol. 16,10, pp. 1445-1457.
- LIMA, C. y CARDENETE, M.A. (2009): «Assessing the Effects of European Regional Policy in the South of Spain: A Price Model», *The Review of Regional Studies*, vol. 39,1, pp. 23-34.
- LIMA, C.; CARDENETE, M.A. y USABIAGA, C. (2010): «Andalucía y el marco comunitario de apoyo 2000-06: una evaluación de los fondos estructurales recibidos», *Papeles de Economía Española*, vol. 123, pp. 102-118.
- LLANE, G.; MORILLA, C. y CARDENETE, M.A. (2005): «Estimación y actualización anual de matrices de contabilidad social: aplicación a la economía española para los años 1995 y 1998», *Estadística española*, vol. 47, 159, pp. 353-416.
- LLOP, M. y MANRESA, A. (1999): «Análisis de la economía de Cataluña (1994) a través de una matriz de contabilidad social», *Estadística Española*, vol. 41, 144, pp. 241-268.
- LLOP, M. y PONCE, X. (2012): «A never-ending debate: Demand versus Supply water policies. A CGE analysis for Catalonia», *Water Policy*, forthcoming <http://www.urv.cat/creip/media/upload/arxiu/wp/DT.11-2011-1096-%20LLOP%20-PONCE.pdf>
- MAINAR, A.; FLORES, M. y DUARTE, R. (2009): *Matriz de Contabilidad Social de Aragón 2005. Elaboración y aplicación posterior como base de modelos lineales de multiplicadores*, XXXV Reunión de Estudios Regionales, Valencia.
- MANRESA, A.; POLO, C. y SANCHO, F. (1988): «Una evaluación de los efectos del IVA mediante un modelo de producción y gasto de coeficientes fijos», *Revista Española de Economía*, vol. 5, pp. 45-64.
- MANRESA, A. y SANCHO, F. (1997): *El análisis medioambiental y la tabla Input/Output: cálculos energéticos y emisiones de CO₂ para la economía de Cataluña*, Regidoria de Medi Ambient, Ajuntament de Barcelona.
- MANRESA, A. y SANCHO, F. (2004): «Energy intensities and CO₂ emissions in Catalonia: a SAM analysis», *International Journal of Environment, Workforce and Employment*, vol. 1, 1, pp. 91-106.
- MANRESA, A. y SANCHO, F. (2005): «Implementing a double dividend: recycling ecotaxes towards coger labour taxes», *Energy Policy*, vol. 33, pp. 1577-1585.
- MANRIQUE DE LARA, C. (1999): *Ajuste y actualización de tablas Input/Output: metodología y aplicación a las tablas Input/Output de la economía canaria de 1990* (tesis doctoral), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- DE MIGUEL, F.J.; MANRESA, A. y RAMAJO, J. (1998): «Matriz de contabilidad social y multiplicadores contables. Una aplicación para Extremadura», *Estadística Española*, vol. 40, 143, pp. 195-232.
- DE MIGUEL, F.J.; CARDENETE, M.A. y PÉREZ, J. (2005): «Efectos del Impuesto sobre las Ventas Minoristas de determinados Hidrocarburos en la economía extremeña: un análisis mediante modelos de equilibrio general aplicado». *Papeles de trabajo del Instituto de Estudios Fiscales*. Serie Economía, vol. 12, pp. 1-56.
- DE MIGUEL, F.J.; CARDENETE, M.A. y PÉREZ, J. (2009): «Effects of the Tax on Retail Sales of Some Fuels on a Regional Economy: a CGE Approach», *Annals of Regional Science*, vol. 43, pp. 781-806.
- MONROBEL, J.R. (2010): *Elaboración de un modelo de equilibrio general aplicado a la Comunidad de Madrid. Estimación del impacto de los Fondos Europeos 2007-2013 en la economía de la región* (tesis doctoral), Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.
- MORILLA, C.; CARDENETE, M.A. y LLANES, G. (2009): «Análisis de un modelo multisectorial económico-ambiental para España», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 9(1), pp. 111-315.
- PÉREZ, L. y CÁMARA, A. (2010): «Estimación de la Matriz de Contabilidad Social de Aragón 2005», *Documento de Trabajo* n.º 53, Fundación de Economía Aragonesa (FUNDEAR).

- POLO, C. y VALLE, E. (2007): «Un análisis estructural de la economía balear», *Estadística Española*, 49 (165), pp. 227-257.
- POLO, C. y SANCHO, F. (1990): «Efectos económicos de una reducción de las cuotas empresariales a la Seguridad Social», *Investigaciones Económicas*, vol. 14, pp. 407-424.
- POLO, C. y SANCHO, F. (1991): «Equivalencia recaudatoria y asignación de recursos: un análisis de simulación», *Cuadernos Económicos de ICE*, vol. 48, pp. 239-251.
- POLO, C. y SANCHO, F. (1993a): «An analysis of Spain's integration in the EEC», *Journal of Policy Modeling*, vol. 15, pp. 157-178.
- POLO, C. y SANCHO, F. (1993b): «Insights or forecasts? An evaluation of a simple CGE model of Spain», *Journal of Forecasting*, vol. 12, pp. 437-448.
- RAMOS, C.; FERNÁNDEZ, E. y PRESNO, M.J. (2001): *Análisis de la economía asturiana a través de la matriz de contabilidad social. Una aplicación a la teoría de los multiplicadores*, IV Encuentro de Economía Aplicada, Reus.
- PYATT, G. (1988): «A SAM approach to modeling», *Journal of Policy Modeling*, vol. 10, pp. 327-352.
- PYATT, G. y ROUND, J. (1985): *Social Accounting Matrices. A Basis for Planning* (Washington, World Bank).
- Roland-Holst, D.; Polo, C. y Sancho, F. (1995): «Trade liberalization and industrial structure in Spain: an applied general equilibrium analysis», *Empirical Economics*, vol. 20, pp. 1-18.
- RODRIGUES, R.; LINARES, P. y GÓMEZ, A. (2011): «Electricity and CO₂ emission impacts of a residential electricity demand response program in Spain», *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 29, 2, pp. 1-36.
- RUBIO, M.T. (1995): *Matrices de Contabilidad Social*, Junta de Castilla y León, Valladolid.
- RUBIO, M.T. (2001): *Matrices de Contabilidad Social y distribución de la renta* (tesis doctoral), Universidad de Valladolid.
- SANCHO, F. (2004): «Una estimación del coste marginal en bienestar del sistema impositivo en España», *Hacienda Pública Española*, vol. 169, pp. 117-132.
- TIRADO, D.; LOZANO, J. y GÓMEZ, C.M. (2006): «An applied general equilibrium model for the Balearic Islands [Spain]: economic analysis of the intrasectoral reallocation of agricultural water», *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, vol. 209, pp. 75-109.
- TIRADO, D.; LOZANO, J. y GÓMEZ, C.M. (2010): «Economic Regional Impacts of Water Transfers: the Role of Factor Mobility in a Case Study of the Agricultural Sector in the Balearic Islands», *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 10,2, pp. 41-59.
- URIEL, E. (1990): «Elaboración alternativa de una Matriz de Contabilidad Social para la economía española», *Documento de Trabajo*, Facultad de Ciencias Económicas de Valencia QT-153.
- URIEL, E.; BENEITO, P.; FERRI, F.J. y MOLTÓ, M.L. (1997): *Matriz de Contabilidad Social de España 1990 (MCS-90)*, Instituto Nacional de Estadística e Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, Madrid.
- URIEL, E.; FERRI, J. y MOLTÓ, M. (2005): «Estimación de una matriz de contabilidad social de 1995 para España (MCS-95)», *Estadística Española*, vol. 47, 158, pp. 5-54.
- VALLE, E. (2007): *Modelos Multisectoriales aplicados a la Economía Balear*. Palma: Universitat de les Illes Balears.
- VELAZQUEZ, E.; CARDENETE, M.A. y HEWINGS, G.J.D. (2006): «Precio del agua y relocalización sectorial del recurso en la economía andaluza. Una aproximación desde un modelo de equilibrio general aplicado», *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 24, 3, pp. 1-20.

Información necesaria para construir una matriz *Input/Output*. Matriz *Input/Output* de Cantabria

Presentado por *Francisco Parra*

Jefe del servicio de Estadísticas del Instituto de Estadística de Cantabria

1. Introducción

El marco *Input/Output* es una operación estadística de síntesis, donde se clasifican el conjunto de operaciones estadísticas que dan lugar a las llamadas estadísticas derivadas, con las cuales se elaboran cuentas, balances, indicadores, previsiones, etc. El marco *Input/Output* es además la base sobre la que se inicia una serie de cuentas nacionales, cuyo resultado más relevante es el cálculo del Producto Interior Bruto (PIB). En el sistema de Contabilidad Nacional de España el último marco *Input/Output* publicado es el del 2000 que dio lugar a la serie contable 2000-2007, la nueva serie de la Contabilidad Nacional de España. Base 2008 publicará en diciembre de este año el marco *Input/Output* y los cuadros contables que configuran su base.

El marco *Input/Output* ofrece el mayor detalle contable de las relaciones productivas que se dan entre los diferentes agentes que intervienen en el sistema económico: empresas, administraciones, instituciones sin fines de lucro, hogares y resto del mundo. Estos se clasifican como productores en ramas de actividad, y se ofrece detalle de los productos producidos, según sean adquiridos por los consumidores finales o interindustriales, junto a la remuneración de los trabajadores, las rentas que obtienen los gobiernos por la producción (impuestos menos subvenciones) y las rentas empresariales (excedentes brutos) que obtiene los agentes por las actividades productivas que desarrollan. Estas relaciones se precisan en los Sistemas Contables de Referencia, en nuestro país el Sistema Europeo de Cuentas (SEC), que dedica el capítulo 9 a la elaboración de marcos *Input/Output*.

Dado el abanico de relaciones económicas que contempla el marco *Input/Output*, su elaboración requiere del estudio y análisis de un amplio elenco de estadísticas que cubren los campos de: cuentas anuales de empresas, presupuestos de los gobiernos, estadísticas sociales, comercio exterior, mercado laboral, agricultura, energía, vivienda, comercio, transporte, banca y seguros, etc. Siendo en la mayor parte de las ocasiones necesaria la elaboración de operaciones estadísticas específicas para disponer de información de áreas que no están suficientemente cubiertas en la planificación estadística (consumos interindustriales e inversión ó encuestas a instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares).

Lo cierto es que los requerimientos informativos de un marco *Input/Output* son de tal magnitud en lo relativo a la información estadística que hay que reunir, analizar y sintetizar, y a las operaciones económicas a investigar, que este se elabora una vez para que sirva de base al sistema contable para un periodo relativamente amplio de años. No obstante, existen técnicas de actualización anual de un marco *Input/Output* que pueden consultarse en el manual de Eurostat sobre elaboración de tablas de origen y destino (Eurostat, 2008).

En las páginas que siguen detallaremos el proceso de elaboración del marco *Input/Output* de Cantabria de 2007 (MIOCAN-07), la planificación del proyecto y las fuentes estadísticas disponibles, las clasificaciones utilizadas, la operación diseñada para cubrir las lagunas en cuanto a información esta-

dística, unos breves apuntes de cómo se ha utilizado esta para determinar las operaciones y magnitudes recogidas en el MIOCAN-07, el proceso de cierre y una breve presentación de los resultados obtenidos.

2. Desarrollo del proyecto

El primer paso que hay que dar de cara a la elaboración de un marco *Input/Output* es definir el proyecto y su alcance. El MIOCAN-07 se elaboró a lo largo de los años 2009 y 2010 y se publicó en diciembre de 2010. El proyecto se planteó en tres fases, que incluían, a su vez, el desarrollo de los siguientes trabajos o tareas:

a) Fase I:

- Elaboración de documento metodológico.
- Definición de las clasificaciones de sectores y productos.
- Estudio, revisión, organización y análisis de la información existente: estadísticas del INE, Ministerios, Gobierno de Cantabria, organismos privados y entidades sin fines de lucro, etc.
- Reclasificación de las estadísticas en CNAE-2009 y CPA-2008.
- Realización de entrevistas especializadas.
- Realización de la «Encuesta de Consumos Interindustriales e Inversión».

b) Fase II:

- Estudio sobre el empleo.
- Estudio sobre impuestos y subvenciones.
- Estudio sobre márgenes comerciales y de transporte.
- Estudio sobre las operaciones de comercio exterior.
- Estimación de las operaciones de las administraciones públicas.
- Estimación provisional de la demanda final por productos: consumo regional y consumo interior, formación bruta de capital y exportaciones.
- Estimación provisional de las cuentas de bienes y servicios, de producción y de explotación por ramas de actividad.

c) Fase III:

- Análisis oferta-demanda por productos.
- Elaboración del marco *Input/Output*.
- Presentación final del trabajo.

Las fuentes estadísticas utilizadas en la elaboración del MIO de Cantabria de 2007 figuran en el Anexo tabla 1.

3. Clasificaciones de ramas y productos

Un aspecto clave en la elaboración de los marcos *Input/Output* son las clasificaciones de ramas y productos. Estas clasificaciones tienen que ser coherentes con las establecidas en el marco metodológico adoptado (SEC-95), en el MIOCAN-2007 eran las clasificaciones de actividades y productos en base a las clasificaciones CNAE-2009 y CPA-2008, pero además hay que tener en cuenta la estructura productiva de la economía de referencia (Cantabria), y respetar el secreto estadístico. A partir de las fuentes estadísticas disponibles (directorios de empresas y estadísticas sectoriales), se establecen las clasificaciones de ramas de actividad y productos, agrupando secciones de las clasificaciones de referencia o desagregado éstas. En el MIOCAN las clasificaciones elegidas figuran en el Anexo tabla 2 y en el Anexo tabla 3.

A efectos de elaborar la tabla simétrica se ha establecido la clasificación homogénea del Anexo tabla 4.

4. Adaptación de las fuentes estadísticas base a las nuevas clasificaciones

La definición de las clasificaciones de ramas y productos en la CNPA-08 y CNAE-09 exigió adaptar los ficheros fuente a las nuevas clasificaciones de productos y actividades que no estaban vigentes en el momento en que se habían elaborado las estadísticas estructurales y de empleo. La adaptación se realizó según tres procedimientos:

4.1. Empleo

Se ha construido una matriz de conversión de CNAE 93 a CNAE 2009 por ramas de actividad. Para elaborar esta matriz se ha utilizado el fichero de micro datos de afiliaciones a la Seguridad Social del segundo semestre de 2008, clasificado según la CNAE 93, y el primero de 2009 que utiliza la CNAE 2009. Con ambos registros se ha obtenido una muestra común:

- a) Fichero de cuentas (R. General y Mar ajena): De los 23.703 registros en 2008, la muestra común con 2009 es de 21.065.
- b) Fichero de Afiliados (R.E.T.A y Resto regímenes): De los 49.625 registros en 2008, la muestra común con 2009 es de 45.365.

Una vez obtenida la muestra común por regímenes, convenientemente depurada de inconsistencias y errores, se ha construido una tabla cruzada con el número de trabajadores en una y otra CNAE, que es utilizada como matriz de conversión.

4.2. Estadísticas estructurales del INE y Ministerio de Fomento

Se ha realizado una correspondencia a nivel de NIF entre las encuestas estructurales del INE de 2008, cuyos registros aparecen codificados según la clasificación en CNAE-2009, y los registros de la encuesta de 2007, codificados según la clasificación CNAE-93. En el caso de los establecimientos de 2007 no encuestados en el 2008, se ha buscado una correspondencia única en base al fichero de correspondencias CNAE-93 y CNAE-09, y cuando ello no ha sido posible se ha buscado la correspondencia en el directorio de empresas de Cantabria de 2008, que incorpora la CNAE-09 a través del DIRCE, el registro de la seguridad social y otras fuentes estructurales.

4.3. Correspondencias propias

Se han realizado correspondencias propias para los ficheros de la encuesta de presupuesto familiares, comercio exterior de aduanas, programas y artículos presupuestarios de las liquidaciones presupuestarias facilitadas por la Consejería de Economía y Hacienda del Gobierno de Cantabria, IGAE, etc.

5. Encuesta de consumos interindustriales y de inversión

5.1. Introducción

La encuesta específica para el MIO es habitual en la elaboración de marcos regionales, ya que la mayor parte de la estadística oficial sobre sectores tiene como unidad objetivo la empresa y no el establecimiento. En la estadística oficial no existe información con suficiente detalle de costes y mercados (regional, interior y exterior) y las muestras tampoco tienen una cobertura sectorial completa, hay sectores que no se encuestan (sector financiero, educación y sanidad privada), y otros en los que las muestras son muy pequeñas.

Los marcos nacionales también requieren una operación específica sobre los consumos intermedios e inversión (operación estadística 5012 del Plan Estadístico Nacional 2009-2012), pero limitada al conocimiento más detallado de los tipos y distribución de los *inputs* asociados a los procesos de transformación industrial.

El detalle que se expone a continuación es el de la operación estadística de Consumo interindustriales e inversión diseñada para el MIOCAN-07.

5.2. *Objetivos y descripción general de la operación*

La elaboración del marco *Input/Output* de Cantabria para 2007 requiere conocer la información sobre los flujos de compra y venta de bienes y servicios que realizan las unidades económicas locales de Cantabria en el territorio económico de Cantabria, en el resto de España, en la Unión Europea y en el resto del mundo.

Parte de esta información se obtiene de fuentes estadísticas sobre el comercio exterior y de encuestas estructurales de empresas que, como la Encuesta Industrial de Empresas o la Encuesta Anual de Servicios del Instituto Nacional de Estadística, investigan información sobre el origen geográfico de las compras o el destino geográfico de las ventas que realizan los establecimientos y empresas de Cantabria. No obstante, esta información se solicita para el conjunto de las compras y ventas realizadas y no incluye información de agrupaciones de bienes y servicios que es necesaria para el detalle que requiere la tabla *Input/Output*.

Por otro lado, el tratamiento de la producción secundaria y auxiliar establecido en el marco *Input/Output* con la estadística actual solo puede contemplarse de forma parcial, siendo necesario complementar esta información a través de una investigación estadística específica: la Encuesta de Flujos Interindustriales y de Inversión elaborada por el Instituto Cántabro de Estadística.

El hecho de que sea necesario conocer la estructura y el origen geográfico de sus compras y ventas con vistas a elaborar la matriz de origen y destino del marco *Input/Output*, determina que en este caso la información se solicite sobre el detalle, así como el destino geográfico de los bienes producidos y los servicios prestados. También se solicita información de detalle sobre las subvenciones de explotación a fin de diferenciar las subvenciones de los productos de otras subvenciones de la producción.

La correcta valoración de las compras y producciones sectoriales según el SEC obliga a descontar los márgenes comerciales y de transporte. Por tanto, en la investigación sobre los flujos se solicitará información sobre los márgenes que se aplican en las actividades comerciales y los canales comerciales utilizados en las empresas en ventas y/o compras: directas al público y fabricantes, a mayoristas, a minoristas o a intermediarios de comercio.

En definitiva, el contenido de los objetivos que determinan el diseño de la operación hace que la encuesta se considere como una estadística de base que permita conocer la estructura productiva de Cantabria y de los *inputs* utilizados en el proceso productivo.

La materialización de estos objetivos supone recabar información que al menos cubriese los siguientes aspectos:

- a) Ingresos con detalle sectorial de los mismos.
- b) Compras y gastos con detalle sectorial de los mismos.
- c) Inversiones con detalle sectorial de los bienes adquiridos.
- d) Datos cualitativos relativos al origen geográfico de las distintas partidas de ingresos, gastos e inversiones.
- e) Márgenes comerciales aplicados a actividades comerciales.
- f) Datos cualitativos relativos al canal comercial utilizado en la venta y adquisición de los ingresos y gastos e inversiones.
- g) Datos sobre el origen administrativo de las subvenciones de explotación recibidas.

5.3. Unidad estadística. *Ámbito de la investigación*

A la hora de diseñar una operación estadística de estas características aparecen, al menos, dos tipos de unidades, que pueden o no coincidir. Nos estamos refiriendo a:

- a) La unidad objetivo, de quien se recaba la información.
- b) La unidad informante, a quien se dirige el cuestionario.

La unidad informante es tradicionalmente la empresa. Sin embargo, resulta obvio que la unidad objetivo en este tipo de investigaciones debe ser el conjunto de establecimientos que operan en la región, ya que la componente regional de este trabajo determina que no se deba considerar una unidad como la empresa o unidades superiores como grupos o holdings que, en general, tienen una localización geográfica múltiple no necesariamente englobada en una región, y también parece evidente la imposibilidad de acudir a unidades inferiores.

Para definir el ámbito geográfico de la investigación, siguiendo las normas comunes, se utiliza la visión «interior» frente a la «regional». Es decir, el objeto de la investigación es el conjunto de establecimientos ubicados dentro de los límites de la región, con independencia de la localización de la sede de la empresa o del lugar de residencia de los trabajadores y propietarios.

5.4. Directorio inicial y sus actualizaciones. *Estimación del colectivo*

Uno de los principales problemas que se plantean en la realización de estadísticas económicas es poder disponer de un directorio exhaustivo y actualizado.

El directorio a utilizar en esta investigación será el directorio de empresas y establecimientos del Instituto Cántabro de Estadística.

En Cantabria hay 44.504 empresas o instituciones que desarrollan actividades económicas en actividades no agrícolas, ni en las propias de las administraciones públicas, asociaciones y servicios para los hogares (CNAE 93: 01, 02, 03, 75, 91, 95, 99).

La distribución de estas empresas por grandes sectores de actividad figura en:

Tabla 1. Unidades económicas censadas en la Comunidad de Cantabria

<i>Ramas de actividad</i>	<i>Total</i>	<i>Menos de 50</i>	<i>50 y más</i>
01. Extractivas (CNAE 10 a 14)	37	36	1
02. Industria (CNAE 15 a 37 excepto 23)	3.089	2.967	122
03. Energía (CNAE 23, 40 y 41)	74	70	4
04. Construcción (CNAE 45)	7.305	7.245	60
05. Comercio (CNAE 50 a 52)	11.450	11.408	42
06. Hostelería (CNAE 55)	7.018	7.002	16
07. Transporte (CNAE 60 a 62)	2.817	2.805	12
08. Otros servicios (*)	12.715	12.557	158
Total industria, energía, construcción y servicios	44.505	44.090	415

(*) No se incluyen las actividades de la CNAE 93 siguientes: 01, 02, 03, 75, 91, 95, 99.

No se incluyen las comunidades de propietarios.

Fuente: Directorio de Empresas y Establecimientos de Cantabria (depurado a fecha 30 de mayo de 2008).

5.5. Muestra

El tema del muestreo en la investigación económica del tipo que se presenta es materia controvertida dadas las características de la unidad de encuestación y el contenido o conjunto de cuestiones que se le demanda.

Por un lado, está la heterogeneidad del colectivo (tipo de organización, estrategia, proceso productivo, etc.) que hace difícil encontrar conglomerados de unidades en los que unas cuantas representen, en todos sus aspectos, a otras. Por otro lado, el tipo de variables que se quiere investigar a través de la encuesta y, en muchos casos, el bajo nivel de correlación entre las mismas.

Dado que plantear la solución censal determinaría un coste de la operación que presupuestariamente la haría inabordable. La alternativa muestral presenta unas ventajas comparativas evidentes dado su menor coste, su tratamiento más simple y que, aunque se trate de un subconjunto, su composición, al determinarla a priori fijando criterios de proporcionalidad para sectores de actividad, garantiza la representatividad de la población.

Con todo, es tal la heterogeneidad de las unidades de un cierto tamaño, ante las variables que se investigan, que la decisión más adecuada es combinar un tramo censal y una muestra. En concreto, se propone investigar censalmente las unidades mayores de 50 trabajadores y definir una muestra para el resto.

Tomada esta solución, hay que considerar otros muchos elementos antes de definir la estructura concreta de la muestra. Normalmente se acepta que en colectivos de este tipo se puede obtener una cierta homogeneidad si se estratifica la muestra en función de la actividad principal de la unidad y su tamaño (medido en términos de número de ocupados).

Desde estas premisas se puede hablar de una «esperanza de respuesta» sobre la muestra inicial que determine el número total de establecimientos a visitar en base a un «objetivo de respuesta». Este último se debe de fijar en función del presupuesto. Así es una investigación circunscrita a 1.000 establecimientos, distribuidos de la siguiente forma:

- a) Parte censal (o marco de lista), determinada por todos los establecimientos mayores de 50 ocupados.
- b) Parte muestral (585 empresas).

La parte muestral, representa el 1,31% de las empresas menores de 50 ocupados y se seleccionarán por estratificación (utilizándose como variables de clasificación la actividad principal y el nivel de empleo) de forma sistemática, con arranque aleatorio, con cuota proporcional pero teniendo en cuenta que en cada casilla de cruce se seleccionará el número de unidades suficientes que salvaguarden, con la esperanza de respuesta prevista, el secreto estadístico (en el muestreo propuesto se consideran un mínimo de 5 encuestas).

Estas últimas restricciones dan a la muestra final un carácter más uniforme (y menos proporcional) de cara a asegurar una cobertura mínima en todos los casos y evitar una concentración excesiva en casillas supuestamente homogéneas.

La distribución de las encuestas por los sectores anteriores quedaría distribuida de la siguiente forma:

Tabla 2. Muestra para la encuesta de flujos interindustriales y de inversión

<i>Ramas de actividad</i>	<i>Total</i>	<i>Menos de 50</i>	<i>50 y más</i>
01. Extractivas (CNAE 10 a 14)	6	5	1
02. Industria (CNAE 15 a 37 excepto 23)	161	39	122
03. Energía (CNAE 23, 40 y 41)	9	5	4
04. Construcción (CNAE 45)	155	95	60
05. Comercio (CNAE 50 a 52)	191	149	42
06. Hostelería (CNAE 55)	107	91	16
07. Transporte (CNAE 60 a 62)	49	37	12
08. Otros servicios (*)	322	164	158
Total industria, energía, construcción y servicios	1.000	585	415

5.6. Cuestionarios

Se han diseñado seis tipos de cuestionarios para:

- a) Industria.
- b) Construcción.
- c) Comercio.
- d) Hostelería.
- e) Transportes.
- f) Servicios.

5.7. Resultados finales

Las encuestas validas realizadas fueron:

Tabla 3. Encuestas válidas realizadas

Cuestionario	Establecimientos	Empleo	VAB a pb (miles de euros)
Comercio	182	8.679	274.194
Construcción	127	6.203	275.771
Hostelería	88	2.062	54.017
Industria	169	17.527	1.179.786
Servicios de mercado	395	2.5237	1.531.541
Servicios de no mercado	22	1.178	26.525
Transporte	62	1.673	78.475
Total general	1.045	62.559	3.420.310

La cobertura de la encuesta en términos de empleo ha sido del 23% del empleo total. Por otro lado, una vez valorado el VAB a precios básicos de las encuestas realizadas, resultaron los siguientes niveles de cobertura para los establecimientos de mercado, en relación con el VAB de la Contabilidad Regional de España (CRE) del INE de 2007:

Tabla 4. Tasa de cobertura de la encuesta en relación con el VAB

Sector de actividad	Cobertura VAB
Industria	47,70%
Construcción	17,43%
Servicios de mercado	32,19%

Destacar que, técnicos del ICANE, realizaron entrevistas directas explicando el proyecto a las siguientes empresas:

APIA XXI	ALTADIS
GLOBAL STEEL WIRE	VITRINOR
SAINT GOBAIN	ROBERT BOSCH ESPAÑA FÁBRICA TRETO, S.A.
NESTLE ESPAÑA, S.A.	SIDENOR INDUSTRIAL, S.L.
EDSCHA ESPAÑA, S.A.	EQUIPOS NUCLEARES, S.A.
PLÁSTICOS ESPAÑOLES, S.A. (Grupo Armando Álvarez)	FERROATLÁNTICA, S.L.
BRIDGESTONE	NISSAN MOTOR IBERICA, S.A.
SOLVAY	TEKA INDUSTRIAL, S.A.
TEXTIL SANTANDERINA	BSH ELECTRODOMÉSTICOS ESPAÑA, S.A.
CEMENTOS ALFA, S.A.	NEXANS IBERIA, S.L. (B3)

6. Análisis estadísticos

En general, los datos que figuran en las tablas de consumos intermedios e *inputs* primarios proceden de las encuestas estructurales y los registros administrativos, utilizándose la encuesta de consumos interindustriales e inversión para obtener detalles de las producciones secundarias y auxiliares. No obstante, hay algunos sectores y operaciones en donde hay que hacer análisis estadísticos específicos.

La operaciones que figuran en la tabla de destinos finales, requiere de estudios específicos operación a operación, utilizándose como fuentes estadísticas, las estadísticas de consumo, las estadísticas de aduanas, la estadísticas estructurales sobre sectores y los registros administrativos.

6.1. Agrario y pesquero

La principal fuente de información para la agricultura, ganadería, silvicultura, son las Cuentas Económicas de la Agricultura que en Cantabria las elabora el ICANE. Otras fuentes de información son la red contable agraria nacional y la estadística de superficie y corta de maderas, elaboradas por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Con respecto a la rama de pesca la principal fuente de información utilizada son los indicadores económicos de pesca marítima, el Censo de la flota pesquera operativa, y la encuesta de establecimientos de acuicultura cuya fuente es el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

6.2. Energía

Desde el punto de vista de la oferta, los sectores de las industrias energéticas y mineras tienen como fuente principal la encuesta industrial de empresas. Desde el punto de vista de la demanda final, es la encuesta de presupuestos familiares, en tanto que los consumos intermedios se valoran a partir de la encuesta de consumos interindustriales e inversión. No obstante, la información base se consolida con la información de la estadística eléctrica y minera del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y memorias e informes de la Comisión Nacional de la Energía y del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

La información obtenida directamente de las empresas y consumidores ha de corresponderse de alguna forma con la información sobre consumos energéticos procedente de los balances de la energía eléctrica, sectorializaciones de los consumos energéticos y precios y tarifas energéticas.

En las tablas regionales es muy importante determinar el origen interior de los suministros. En el MIOCAN-07 se consideran interiores los márgenes de transporte y distribución, la cogeneración de energía, y las producciones energéticas hidráulicas y eólicas.

6.3. Financieros

En el marco *Input/Output* los ingresos y costes operativos de los servicios financieros se valoran a partir de los resultados económicos de los establecimientos que operan en el mercado, si bien los márgenes financieros o Servicios Financieros Medidos Indirectamente (SIFMI), se contabilizan de forma específica.

Los SIFMI constituyen la remuneración indirecta obtenida por las instituciones financieras en las operaciones de depósitos y préstamos que realizan con sus clientes. Los SIFMI se determinan sobre la base del siguiente modelo:

Tabla 5. Contabilización de los SIFMI

	Depósito	Préstamo
Montante	X	Y
Tasa interés nominal	a	b
Interés nominal (efectivamente pagado o recibido)	aX	bY
Tasa interés de referencia	c	c
SIFMI	(c-a)X	(b-c)Y

En las tablas regionales lo que se hace es regionalizar los SIFMI nacionales a partir de las variables de créditos y depósitos.

6.4. Servicios de no mercado

Los servicios de no mercado se estiman a partir de la información obtenida de las liquidaciones presupuestarias de la comunidad autónoma de Cantabria, de sus organismos autónomos y de sus corporaciones locales, así como de las liquidaciones del estado, seguridad social y organismos autónomos del estado en la comunidad autónoma de Cantabria que facilita el IGAE. También se han tenido en cuenta las liquidaciones presupuestarias de la universidad de Cantabria.

La estimación del servicio de personal doméstico remunerado se obtiene a partir de la Encuesta continua de presupuestos familiares, del Instituto Nacional de Estadística.

6.5. Consumo

El consumo de hogares se estima a partir de la encuesta de presupuestos familiares y un estudio de los gastos turísticos a partir de las fuentes estadísticas sectoriales (estadísticas de ocupación hotelera y del gasto turístico del Instituto de Estudios Turísticos). Hay información complementaria en el panel de consumo alimentario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, informes y memorias sobre los sectores energéticos, tabaco, gasto sanitario y farmacéutico, etc.

6.6. Inversión

La Formación Bruta de Capital Fijo se valora en las estadísticas de empresas y registros administrativos de las AAPP, detallándose por productos con la información directamente solicitada en la Encuesta de Consumos interindustriales y de inversión, si bien hay que incorporar una valoración de la inversión en vivienda residencial por parte de los hogares, para lo que se utiliza la estadística sobre vivienda y construcción.

6.7. Comercio exterior

La información sobre importaciones procede básicamente de las encuestas de consumos interindustriales que sobre todo en las tablas regionales investiga los mercados de origen y destino incluyendo el comercio interregional. La información obtenida es complementada con la que figura en las encuestas estructurales (cifra de negocios, compras y servicios exteriores por mercados) y las estadísticas de aduanas que ofrecen información de detalle para las operaciones con la UE y el resto del Mundo.

6.8. Márgenes y precios

Los márgenes se estiman a partir de las encuestas de comercio del INE (márgenes de comercio mayorista y minorista) y de la información obtenida con las encuestas de consumos interindustriales sobre canales comerciales y utilización de los medios de transporte.

Para determinar los precios básicos, además hay que obtener las tasas medias de IVA en base a los tipos vigentes, y una valoración de los impuestos a los productos y subvenciones que se aproximar en unos casos según la legislación vigente y en otros según las liquidaciones presupuestarias.

7. Proceso de cierre

Una vez obtenidas las diferentes operaciones económicas en base a las fuentes estadísticas utilizadas y la encuesta de flujos de compra y venta, se procedió al cierre de la tabla analizando la situación producto a producto.

En cualquier caso, se aprecia que los procedimientos estimativos no tienen que converger en equilibrio oferta y demanda, por lo que hay que analizar los resultados obtenidos en el marco del equilibrio que contempla la tabla. Para ello se establecieron los siguientes criterios:

- a) Establecer el análisis a nivel de los 72 productos.
- b) Establecer el análisis sobre la base de las valoraciones a precios básicos y de adquisición, lo que implica tener un detalle producto a producto de los diferentes márgenes e impuestos que determinan esta valoración.
- c) Una vez observado el desajuste entre usos y destinos, utilizar las diferentes estimaciones obtenidas para la debida conciliación (hay que tener presente que se disponen de diferentes estimaciones de operaciones a través de diferentes fuentes, por ejemplo el comercio exterior con el resto de Europa se puede conocer a través de la estadística de aduanas, de las encuestas estructurales y de la encuesta de flujos de compra y venta).
- d) Analizar la calidad estadística de las diferentes fuentes (por ejemplo, en determinados productos las clasificaciones que se utilizan en presupuestos familiares son muy agregadas y los ratios obtenidos pueden estar desviados de la realidad).
- e) Proceder al ajuste mediante métodos de optimización en base a la operación que ofrece la mayor calidad estadística.

Una vez cerrados los diferentes productos, se obtienen las diferentes tablas de valoraciones de precios de adquisición y de precios básicos, con sus correspondientes detalles de márgenes para los diferentes agentes comerciales y de transportes, y de impuestos a los productos y subvenciones.

8. Resultados finales del MIOCAN 2007

A continuación se presentan los principales resultados macroeconómicos y coeficientes analíticos, y las tablas de origen y destino simplificadas a 6 ramas de actividad.

Tabla 6, 7 y 8

Tabla 6. Componentes del producto interior bruto

<i>Componentes de la oferta</i>		
VAB precios básicos	11.633.815	89,76%
Sector primario	311.868	2,41%
Industria	2.009.650	15,51%
Energía y suministros	221.045	1,71%
Construcción	1.533.478	11,83%
Servicios	7.557.774	58,31%
Servicios de mercado	5.675.888	43,79%
Servicios de no mercado	1.881.885	14,52%
Impuestos netos sobre los productos	1.327.322	10,24%
<i>Componentes de la demanda</i>		
Gasto en consumo final de los hogares	7.439.889	57,40%
Gasto en consumo final de las AAPP y IPSFL	2.305.725	17,79%
Formación bruta de capital	4.319.977	33,33%
Exportaciones	7.739.477	59,71%
Importaciones	8.843.932	68,23%
<i>Componentes de la renta</i>		
Remuneración de asalariados	5.679.885	43,82%
Sector primario	36.937	0,28%
Industria	1.221.264	9,42%
Energía y suministros	58.894	0,45%
Construcción	746.306	5,76%
Servicios	3.616.484	27,90%
Servicios de mercado	1.938.308	14,95%
Servicios de no mercado	1.678.176	12,95%
Excedente de explotación bruto / Renta mixta bruta	5.933.272	45,78%
Sector primario	304.308	2,35%
Industria	777.915	6,00%
Energía y suministros	159.086	1,23%
Construcción	750.115	5,79%
Servicios	3.941.848	30,41%
Servicios de mercado	3.731.959	28,79%
Servicios de no mercado	209.889	1,62%
Impuestos netos sobre la producción y las importaciones	1.347.979	10,40%
<i>Producto interior bruto a precios de mercado</i>	<i>12.961.137</i>	

Unidades: miles de euros y %.

Tabla 7. Tabla de origen simplificada a precios básicos

Productos/Ramas de actividad	Sector primario	Industria	Energía y suministros	Construcción	Servicios de mercado	Servicios de no mercado	Total producción	Total importaciones	Total oferta a precios básicos
Productos sector primario	500.756	0	0	6	0	3.875	504.637	236.108	740.746
Productos industria	1.926	7.106.233	0	22.492	90.341	3.035	7.224.027	5.831.029	13.055.055
Producto energía y suministros	0	20.981	615.888	54.111	260	16.271	707.511	893.253	1.600.764
Productos construcción	0	7.180	3.426	3.928.779	36.134	5.169	3.980.688	0	3.980.688
Servicios de mercado	0	196.873	13.119	56.890	8.542.101	593.807	9.402.791	1.789.743	11.192.533
Servicios de no mercado	0	0	0	0	0	2.090.949	2.090.949	1.414	2.092.363
Compras de residentes fuera del territorio económico								92.385	92.385
Total producción	502.682	7.331.268	632.433	4.062.278	8.668.837	2.713.105	23.910.602	8.843.932	32.754.534
De mercado	484.818	7.301.277	582.302	4.053.570	8.583.685	712.425	21.718.079		
Uso final propio	17.864	29.990	4.723	8.708	85.151	71.208	217.644		
Otra producción no de mercado	0	0	45.408	0	0	1.929.471	1.974.879		

Unidades: miles de euros.

Tabla 8. Tabla de destino simplificada a precios básicos

Productos / Ramas de actividad	Sector primario	Industria	Energía y suministros	Construcción	Servicios de mercado	Servicios de no mercado	Total demanda intermedia	Gasto consumo final	Formación bruta de capital	Total exportaciones	Total demanda final	Total empleos	
Productos sector primario	Cantabria	17.397	119.177	0	30	10.307	253	147.165	36.487	1.325	319.661	357.472	504.637
	Importado	13.223	64.123	0	981	40.053	316	118.695	117.413	0	0	117.413	236.108
	Total	30.620	183.300	0	1.011	50.360	569	265.860	153.900	1.325	319.661	474.886	740.746
Productos industria	Cantabria	16.032	655.876	9.859	287.904	156.241	21.501	1.147.414	242.947	211.741	5.621.924	6.076.613	7.224.027
	Importado	99.692	2.113.430	79.100	598.710	464.179	152.387	3.507.497	1.738.719	584.813	0	2.323.531	5.831.029
	Total	115.724	2.769.306	88.959	886.614	620.420	173.888	4.654.911	1.981.665	796.554	5.621.924	8.400.144	13.055.055
Producto energía y suministros	Cantabria	4.105	210.423	161.562	8.367	83.619	87.774	555.851	144.820	3.257	3.584	151.660	707.511
	Importado	1.710	703.508	71.651	4.597	34.922	18.495	834.883	58.370	0	0	58.370	893.253
	Total	5.815	913.931	233.213	12.964	118.542	106.269	1.390.734	203.189	3.257	3.584	210.030	1.600.764
Productos construcción	Cantabria	1.451	48.637	8.957	1.046.640	79.161	18.079	1.202.925	86.074	2.691.689	0	2.777.763	3.980.688
	Importado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	1.451	48.637	8.957	1.046.640	79.161	18.079	1.202.925	86.074	2.691.689	0	2.777.763	3.980.688
Servicios de mercado	Cantabria	26.342	845.675	52.344	337.407	1.643.403	366.832	3.272.003	4.917.558	351.830	861.400	6.130.788	9.402.791
	Importado	10.098	494.855	10.425	227.705	383.129	82.510	1.208.723	378.093	202.927	0	581.020	1.789.743
	Total	36.441	1.340.530	62.769	565.112	2.026.531	449.343	4.480.726	5.295.651	554.757	861.400	6.711.808	11.192.533
Servicios de no mercado	Cantabria	83	1.788	0	396	3.564	2.931	8.762	2.082.187	0	0	2.082.187	2.090.949
	Importado	0	11	36	0	246	1.122	1.414	0	0	0	0	1.414
	Total	83	1.798	36	396	3.809	4.053	10.176	2.082.187	0	0	2.082.187	2.092.363
Total empleos a precios básicos	Cantabria	65.410	1.881.576	232.723	1.680.745	1.976.294	497.371	6.334.119	7.510.072	3.259.842	6.806.569	17.576.483	23.910.602
	Importado	124.724	3.375.926	161.212	831.993	922.528	254.829	5.671.212	2.292.595	787.740	0	3.080.334	8.751.547
	Total	190.134	5.257.502	393.935	2.512.738	2.898.823	752.200	12.005.332	9.802.667	4.047.582	6.806.569	20.656.817	32.662.149
Impuestos netos sobre los productos	680	64.116	17.454	16.061	94.125	79.019	271.456	783.471	272.395	427.591	1.483.457	1.754.913	
Compras de no residentes en el territorio económico	0	0	0	0	0	0	0	-932.909	0	932.909	0	0	
Compras de residentes fuera del territorio económico	0	0	0	0	0	0	0	92.385	0	0	92.385	92.385	
Total de empleos a precios de adquisición	190.814	5.321.618	411.389	2.528.799	2.992.948	831.220	12.276.788	9.745.614	4.319.977	8.167.068	22.232.659	34.509.447	

<i>Productos / Ramas de actividad</i>	<i>Sector primario</i>	<i>Industria</i>	<i>Energía y suministros</i>	<i>Construcción</i>	<i>Servicios de mercado</i>	<i>Servicios de no mercado</i>	<i>Total demanda intermedia</i>	<i>Gasto consumo final</i>	<i>Formación bruta de capital</i>	<i>Total exportaciones</i>	<i>Total demanda final</i>	<i>Total empleos</i>
Remuneración de asalariados	36.937	1.221.264	58.894	746.306	1.938.308	1.678.176	5.679.885					
Otros impuestos netos sobre la producción	-29.377	10.470	3.065	37.057	5.621	-6.180	20.657					
Excedente bruto de explotación/Renta mixta	304.308	777.915	159.086	750.115	3.731.959	209.889	5.933.272					
Valor añadido bruto a precios básicos	311.868	2.009.650	221.045	1.533.478	5.675.888	1.881.885	11.633.815					
Producción a precios básicos	502.682	7.331.268	632.433	4.062.278	8.668.837	2.713.105	23.910.602					
Total empleo	17.949	39.342	1.783	36.885	129.878	60.260	286.096					
Asalariado	2.366	38.491	1.766	30.450	94.277	58.928	226.277					
EJC. Total empleo	17.113	38.779	1.776	36.352	120.772	49.317	264.109					
EJC. Asalariado	2.335	38.046	1.759	30.070	86.678	48.367	207.255					

Unidades: miles de euros.

9. Referencias

- EUROSTAT (2008): «Manual of Supply, Use and *Input/Output* Tables». *Methodologies and Working papers*.
- INE (2009): *Marco Input/Output de España 2006*.
- INE (2005): *Contabilidad Nacional de España. Base 2000*. Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente (SIFMI). Mayo de 2005.
- MUÑOZ, A.; PARRA, F. y SANTOS, J. (2001): «Métodos de construcción de contabilidades nacionales y tablas *Input/Output* en España. Técnicas de análisis *Input/Output*», *Cuadernos de la UNED*, UNED.
- UNITED NATIONS (1999): «Handbook of National Accounting Handbook Of *Input/Output* Table Compilation And Analysis». *Studies in Methods Series F*, No. 74. New York, 1999.

Anexos

Anexo tabla 1. Fuentes estadísticas

	<i>Fuentes estadísticas</i>
Datos generales y Clasificaciones	CNAE-93, CNAE-2009, CPA2002, CPA 2008, PRODCOM, COICOP, Clasificación económica presupuestaria, Tabla de conversión CNAE 93-CNAE 2009 del INE, NC Contabilidad Nacional. INE Contabilidad Regional. INE Contabilidad Trimestral. INE Contabilidad Trimestral de Cantabria. ICANE Marco <i>Input/Output</i> de España. INE Anuario Estadístico de Cantabria. ICANE Padrón Municipal de Habitantes. INE Directorio de Empresas y Establecimientos de Cantabria. DIRCE. INE
Agricultura, Ganadería y Pesca	Cuentas Económicas de la Agricultura (C.E.A.). ICANE Red Contable Agraria Nacional. MMAMRM Precios e índices de precios agrarios. MMAMRM Estadísticas sobre superficies y producciones Agrarias. Consejería de Ganadería. Censo de la Flota Pesquera Operativa. MMAMRM Indicadores Económicos de Pesca Marítima. MMAMRM Encuesta de establecimientos de acuicultura. MMAMRM Estadística de superficie y cortas de madera. MMAMRM
Energía y minería	Encuesta Industrial de Empresas. INE. Informes sectoriales. Comisión Nacional de Energía Boletín de hidrocarburos e Informe Anual. CORES Estadística de la Industria de la Energía Eléctrica. MITYC Boletín Estadístico. MITYC Estadística Minera de España. MITYC
Resto de la Industria	Encuesta Industrial de Empresas. INE Encuesta Industrial de Productos. INE Índices de producción y precios industriales. INE Estadística del impuesto de matriculaciones de vehículos automóviles. AEAT
Construcción	Encuesta de Estructura de la Construcción. MFOM Cuentas anuales del impuesto de sociedades. AEAT Licitación Oficial. MFOM Estadística de Edificación y Vivienda. MFOM Índice de Costes de Construcción. MFOM Proyectos Visados por Colegios de Arquitectos Consumo aparente de Cemento. OFICIMEN

	<i>Fuentes estadísticas</i>
Servicios de mercado	Encuesta Anual de Servicios. INE Estadística Hospitalaria en Régimen de Internado. MSYPS Encuesta de financiación y gastos de la enseñanza privada. INE Encuesta de ocupación hotelera. INE Encuesta de ocupación en acampamentos turísticos. INE Encuesta de ocupación en apartamentos turísticos. INE Encuesta de ocupación en alojamientos de turismo rural. INE Índice de precios hosteleros. INE Encuesta de comercio al por menor. INE Encuesta de comercio al por mayor. INE Boletín estadístico. Banco de España El mercado de seguros por provincias. ICEA
Servicios no mercado	Actividad Económico-Financiera de las Administraciones Públicas de Cantabria. ICANE Cuentas Regionales. IGAE Memoria de MUFACE, ISFAS y MUGEJU
Empleo	Estimación del empleo de Cantabria a través de diversas fuentes. ICANE Registro de la Seguridad Social. MITIM Registro Central de Personal. MAP Encuesta de Población Activa. INE Encuesta de Costes Laboral. INE Encuesta de coyuntura Laboral. MITIM Encuesta de Salarios en la industria y en los servicios. INE Anuario y Boletín de Estadísticas Laborales. MITIM Encuesta Industrial de Empresas. INE Encuesta Anual de Servicios del INE Encuesta Estructura de la Construcción. MFOM Directorio de Empresas y Establecimientos de Cantabria. ICANE
Flujos Inter-industriales	Encuesta de Flujos Interindustriales y de Inversión. ICANE Estadística de transporte de mercancías por carretera. MFOM Memorias de las Autoridades Portuarias. MFOM Datos sobre transporte aéreo. Ministerio de Fomento. AENA Estadística sobre Comercio Exterior e Intracomunitario. AEAT Encuesta Anual de Servicios. INE Encuesta Industrial de Empresas del INE
Consumo	Encuesta Presupuestos Familiares. INE Consumo Alimentario. MAPA FAMILITUR y EGATUR. IET Cuenta satélite del turismo en España. INE Índice de precios al consumo. INE

Anexo tabla 2. Clasificación de productos

Productos P72	C.N.P.A. 2008
Productos agrícolas y servicios relacionados con los mismos	1 011, 012, 013, 0161, 0163, 0164
Productos ganaderos y caza y servicios relacionados con los mismos	2 014, 015, 0162, 017
Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos	3 02
Pescado y otros productos de la pesca; productos de la acuicultura; servicios de apoyo a la pesca	4 03
Minerales metálicos y energéticos y actividades de apoyo relacionadas con los mismos	5 05, 06, 07, 091
Minerales no metálicos ni energéticos y actividades de apoyo relacionadas con los mismos	6 08, 099
Carne y productos cárnicos; frutas y hortalizas preparadas y en conserva; aceites y grasas vegetales y animales; leche y productos lácteos	7 101, 103, 104, 105
Pescados, crustáceos y moluscos elaborados y en conserva	8 102
Productos de molinería, almidones y productos amiláceos; productos de panadería y pastas alimenticias; otros productos alimenticios; productos para alimentación animal	9 106, 107, 108, 109
Bebidas y tabaco manufacturado	10 11 y 12
Productos textiles; prendas de vestir; artículos de cuero y calzado	11 13 a 15
Madera y corcho y productos de madera y corcho, excepto muebles; artículos de cestería y espartería	12 16
Papel y productos del papel	13 17
Servicios de impresión y de reproducción de soportes grabados	14 18
Coquerías y refino de petróleo	15 19
Productos químicos	16 20
Productos farmacéuticos de base y sus preparados	17 21
Productos de caucho y plásticos	18 22
Vidrio y productos de vidrio; productos cerámicos refractarios; productos cerámicos para la construcción; otros productos cerámicos; piedra tallada, labrada y acabada; otros productos minerales no metálicos	19 231, 232, 233, 234, 237, 239
Cemento, cal y yeso; productos de hormigón, cemento y yeso	20 235, 236
Productos de metalurgia y productos metálicos	21 24
Elementos metálicos para la construcción	22 251
Servicios de forja, estampación y embutición de metales; productos de pulvimetalurgia; servicios de tratamiento y revestimiento de metales; mecanizado servicios de ingeniería mecánica general	23 255, 256
Cisternas y grandes depósitos y contenedores de metal; generadores de vapor, excepto calderas para calefacción central; armas y municiones; artículos de cuchillería y cubertería, herramientas y ferretería; otros productos metálicos	24 252, 253, 254, 257, 259
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	25 26
Material y equipo eléctrico	26 27
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	27 28
Vehículos de motor, remolques y semirremolques; otro material de transporte	28 29 y 30
Muebles	29 31
Otros productos manufacturados	30 32
Servicios de reparación e instalación de maquinaria y equipos	31 33
Servicios de producción, transporte y distribución de energía eléctrica	32 351
Gas manufacturado; servicios de distribución por tubería de combustibles gaseosos; servicios de suministro de vapor y aire acondicionado	33 352, 353
Agua natural; servicios de tratamiento y distribución de agua	34 36
Servicios de recogida y tratamiento de aguas residuales	35 37
Servicios de recogida, tratamiento y eliminación de residuos; servicios de valorización; servicios de saneamiento y otros servicios de gestión de residuos	36 38 y 39
Edificios y trabajos de construcción de edificios; promoción inmobiliaria y trabajos de construcción especializados	37 41 y 43
Obras de ingeniería civil y trabajos de construcción para obras de ingeniería civil	38 42

<i>Productos P72</i>	<i>C.N.P.A. 2008</i>
Servicios de comercio al por mayor y al por menor y servicios de reparación de vehículos de motor y motocicletas	39 45
Servicios de comercio al por mayor e intermediación del comercio, excepto de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores	40 46
Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	41 47
Servicios de transporte de pasajeros	42 491, 493, 501, 503, 511
Servicios de transporte de mercancías por ferrocarril, por carretera y servicios de mudanzas, por tubería	43 492, 494, 495
Servicios de transporte marítimo de mercancías; servicios de transporte de mercancías por vías navegables interiores; servicios de transporte aéreo y espacial de mercancías	44 502, 504, 512
Servicios de almacenamiento y auxiliares del transporte; servicios de correos y mensajería	45 52 y 53
Servicios de alojamiento	46 55
Servicios de comidas y bebidas	47 56
Servicios de edición, audiovisuales y radiodifusión	48 58 a 60
Servicios de telecomunicaciones	49 61
Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; servicios de información	50 62 y 63
Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	51 64
Servicios de seguros, reaseguros y planes de pensiones, excepto seguridad social obligatoria. Servicios auxiliares a los servicios financieros y a los servicios de seguros.	52 65 y 66
Alquiler bienes inmobiliarios por cuenta propia con destino turístico. Compraventa de bienes inmobiliarios por cuenta propia; Alquiler bienes inmobiliarios por cuenta propia con destino distinto al turístico; Actividades inmobiliarias por cuenta de tercer	53 68
Servicios jurídicos y de contabilidad; servicios de sedes centrales; servicios de consultoría de gestión empresarial; servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	54 69 a 71
Servicios de investigación y desarrollo científicos	55 72
Servicios de publicidad y estudios de mercado; otros servicios profesionales, científicos y técnicos	56 73 y 74
Servicios veterinarios	57 75
Servicios de alquiler de vehículos de motor	58 771
Resto de alquileres y arrendamientos	59 772, 773, 774
Servicios de agencias de viajes, operadores turísticos y otros servicios de reservas, y servicios relacionados con los mismos	60 79
Servicios relacionados con el empleo; servicios de seguridad e investigación; servicios para edificios y paisajísticos; servicios administrativos, de oficina y otros servicios de ayuda a las empresas	61 78, 80, 81, 82
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	62 84
MERCADO: Servicios de educación	63 85
NO MERCADO: Servicios de educación	64 85
MERCADO: Servicios de atención sanitaria	65 86
NO MERCADO: Servicios de atención sanitaria	66 86
Servicios sociales de atención en establecimientos residenciales; servicios sociales sin alojamiento	67 87 y 88
Servicios de creación, artísticos y de espectáculos; servicios de bibliotecas, archivos, museos y otros servicios culturales; servicios de juegos de azar y apuestas; servicios deportivos, recreativos y de entretenimiento	68 90 a 93
Servicios prestados por asociaciones	69 94
Servicios de reparación de ordenadores, efectos personales y artículos de uso doméstico	70 95
Otros servicios personales	71 96
Servicios de los hogares como empleadores de personal doméstico; bienes y servicios no diferenciados producidos por hogares para uso propio	72 97 y 98

Anexo tabla 3. Clasificación ramas de actividad

Ramas de actividad R55	C.N.A.E. 2009
Agricultura, ganadería, silvicultura	1 01 y 02
Pesca	2 03
Industrias extractivas	3 05 a 09
Procesado y conservación de carne y elaboración de productos cárnicos, frutas y hortalizas, aceites y grasas vegetales y animales y productos lácteos	4 101, 103, 104, 105
Procesado y conservación de pescados, crustáceos y moluscos	5 102
Otras industrias alimenticias, bebidas y tabaco	6 106, 107, 108, 109, 11 y 12
Industria textil, confección de prendas de vestir y productos de cuero	7 13 a 15
Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería	8 16
Industria del papel, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	9 17 y 18
Coquerías y refino de petróleo	10 19
Industria química	11 20
Fabricación de productos farmacéuticos	12 21
Fabricación de productos de caucho y plásticos	13 22
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	14 23
Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	15 24
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	16 251
Forja, estampación y embutición de metales; metalurgia en polvos; tratamiento y revestimiento de metales; ingeniería mecánica por cuenta de terceros	17 255, 256
Fabricación de otros productos metálicos	18 252, 253, 254, 257, 259
Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	19 26
Fabricación de material y equipo eléctrico	20 27
Fabricación de maquinaria y n.c.o.p.	21 28
Fabricación de material y equipos de transporte	22 29 y 30
Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras; reparación e instalación de maquinaria y equipo	23 31 a 33
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	24 35
Suministro de agua; actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	25 36 a 39
Construcción de edificios y promoción inmobiliaria; actividades de construcción especializada	26 41 y 43
Ingeniería civil	27 42
Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	28 45
Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas	29 46
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	30 47
Transporte	31 49, 50, 51
Almacenamiento y actividades anexas al transporte; actividades postales y de correos	32 52 y 53
Servicios de alojamiento	33 55
Servicios de comidas y bebidas	34 56
Actividades de edición, audiovisuales y radiodifusión	35 58 a 60
Telecomunicaciones	36 61
Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; servicios de información	37 62 y 63
Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	38 64
Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto Seguridad Social obligatoria	39 65
Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros	40 66
Actividades inmobiliarias	41 68
Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de sedes centrales; actividades de consultoría de gestión empresarial; servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	42 69 a 71
Investigación y desarrollo	43 72

<i>Ramas de actividad R55</i>	<i>C.N.A.E. 2009</i>
Publicidad y estudios de mercado; otras actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades veterinarias	44 73 a 75
Actividades de alquiler	45 77
Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos	46 79
Actividades administrativas y servicios auxiliares	47 78, 80, 81, 82
Administración pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	48 84
Educación	49 85
Actividades Sanitarias	50 86
Actividades de servicios sociales	51 87 y 88
Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento	52 90 a 93
Actividades asociativas	53 94
Reparación de ordenadores, efectos personales y artículos de uso doméstico; otros servicios personales	54 95 y 96
Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; actividades de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	55 97 y 98

Anexo tabla 4. Clasificación ramas y productos homogénea

Descripción	P 72	R55	R54
Productos agrícolas y servicios relacionados con los mismos	1		
Productos ganaderos y caza y servicios relacionados con los mismos	2	1	1
Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos	3		
Pescado y otros productos de la pesca; productos de la acuicultura; servicios de apoyo a la pesca	4	2	2
Minerales metálicos y energéticos y actividades de apoyo relacionadas con los mismos	5		
Minerales no metálicos ni energéticos y actividades de apoyo relacionadas con los mismos	6	3	3
Carne y productos cárnicos; frutas y hortalizas preparadas y en conserva; aceites y grasas vegetales y animales; leche y productos lácteos	7	4	4
Pescados, crustáceos y moluscos elaborados y en conserva	8	5	5
Productos de molinería, almidones y productos amiláceos; productos de panadería y pastas alimenticias; otros productos alimenticios; productos para alimentación animal	9	6	6
Bebidas y tabaco manufacturado	10		
Productos textiles; prendas de vestir; artículos de cuero y calzado	11	7	7
Madera y corcho y productos de madera y corcho, excepto muebles; artículos de cestería y espartería	12	8	8
Papel y productos del papel	13		
Servicios de impresión y de reproducción de soportes grabados	14	9	9
Coquerías y refino de petróleo	15	10	10
Productos químicos	16	11	11
Productos farmacéuticos de base y sus preparados	17	12	12
Productos de caucho y plásticos	18	13	13
Vidrio y productos de vidrio; productos cerámicos refractarios; productos cerámicos para la construcción; otros productos cerámicos; piedra tallada, labrada y acabada; otros productos minerales no metálicos	19	14	14
Cemento, cal y yeso; productos de hormigón, cemento y yeso	20		
Productos de metalurgia y productos metálicos	21	15	15
Elementos metálicos para la construcción	22	16	16
Servicios de forja, estampación y embutición de metales; productos de pulvimetalurgia; servicios de tratamiento y revestimiento de metales; mecanizado servicios de ingeniería mecánica general	23	17	17
Cisternas y grandes depósitos y contenedores de metal; generadores de vapor, excepto calderas para calefacción central; armas y municiones; artículos de cuchillería y cubertería, herramientas y ferretería; otros productos metálicos	24	18	18
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	25	19	19
Material y equipo eléctrico	26	20	20
Maquinaria y equipo n.c.o.p.	27	21	21
Vehículos de motor, remolques y semirremolques; otro material de transporte	28	22	22
Muebles	29		
Otros productos manufacturados	30	23	23
Servicios de reparación e instalación de maquinaria y equipos	31		
Servicios de producción, transporte y distribución de energía eléctrica	32		
Gas manufacturado; servicios de distribución por tubería de combustibles gaseosos; servicios de suministro de vapor y aire acondicionado	33	24	24

<i>Descripción</i>	<i>P 72</i>	<i>R55</i>	<i>R54</i>
Agua natural; servicios de tratamiento y distribución de agua	34		
Servicios de recogida y tratamiento de aguas residuales	35	25	25
Servicios de recogida, tratamiento y eliminación de residuos; servicios de valorización; servicios de saneamiento y otros servicios de gestión de residuos	36		
Edificios y trabajos de construcción de edificios y promoción inmobiliaria; trabajos de construcción especializados	37	26	26
Obras de ingeniería civil y trabajos de construcción para obras de ingeniería civil	38	27	27
Servicios de comercio al por mayor y al por menor y servicios de reparación de vehículos de motor y motocicletas	39	28	28
Servicios de comercio al por mayor e intermediación del comercio, excepto de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores	40	29	29
Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	41	30	30
Servicios de transporte de pasajeros	42		
Servicios de transporte de mercancías por ferrocarril, por carretera y servicios de mudanzas, por tubería	43	31	31
Servicios de transporte marítimo de mercancías; servicios de transporte de mercancías por vías navegables interiores; servicios de transporte aéreo y espacial de mercancías	44		
Servicios de almacenamiento y auxiliares del transporte; servicios de correos y mensajería	45	32	32
Servicios de alojamiento	46	33	33
Servicios de comidas y bebidas	47	34	34
Servicios de edición, audiovisuales y radiodifusión	48	35	35
Servicios de telecomunicaciones	49	36	36
Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; servicios de información	50	37	37
Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	51	38	38
Servicios de seguros, reaseguros y planes de pensiones, excepto Seguridad Social obligatoria. Servicios auxiliares a los servicios financieros y a los servicios de seguros	52	39-40	39
Alquiler y compraventa de bienes inmobiliarios por cuenta propia; Actividades inmobiliarias por cuenta de terceros	53	41	40
Servicios jurídicos y de contabilidad; servicios de sedes centrales; servicios de consultoría de gestión empresarial; servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	54	42	41
Servicios de investigación y desarrollo científicos	55	43	42
Servicios de publicidad y estudios de mercado; otros servicios profesionales, científicos y técnicos	56	44	43
Servicios veterinarios	57		
Servicios de alquiler de vehículos de motor	58	45	44
Resto de alquileres y arrendamientos	59		
Servicios de agencias de viajes, operadores turísticos y otros servicios de reservas, y servicios relacionados con los mismos	60	46	45
Servicios relacionados con el empleo; servicios de seguridad e investigación; servicios para edificios y paisajísticos; servicios administrativos, de oficina y otros servicios de ayuda a las empresas	61	47	46
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	62	48	47
MERCADO: Servicios de educación	63	49	48
NO MERCADO: Servicios de educación	64		

<i>Descripción</i>	<i>P 72</i>	<i>R55</i>	<i>R54</i>
MERCADO: Servicios de atención sanitaria	65	50	49
NO MERCADO: Servicios de atención sanitaria	66		
Servicios sociales de atención en establecimientos residenciales; servicios sociales sin alojamiento	67	51	50
Servicios de creación, artísticos y de espectáculos ; servicios de bibliotecas, archivos, museos y otros servicios culturales ; servicios de juegos de azar y apuestas; servicios deportivos, recreativos y de entretenimiento	68	52	51
Servicios prestados por asociaciones	69	53	52
Servicios de reparación de ordenadores, efectos personales y artículos de uso doméstico	70	54	53
Otros servicios personales	71		
Servicios de los hogares como empleadores de personal doméstico; bienes y servicios no diferenciados producidos por hogares para uso propio	72	55	54

Un análisis de la descomposición de la rama eléctrica en las tablas *Input/Output*

Presentado por *Carmen Ramos*

Profesora Titular de Universidad del Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Oviedo

Eloy Álvarez Pelegry

Director de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

Ana Carmen Díaz Mendoza

Investigadora de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

Unai Castro

Facilitador de Investigación de la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

1. Introducción

La importancia del sector eléctrico es evidente. La propia Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico afirma que «el suministro de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad».

Además, el sector eléctrico es fundamental en la economía española por su aportación al PIB y a la inversión. Por otra parte, también es preciso señalar el efecto multiplicador del sector eléctrico en la economía, ya que la demanda de bienes y servicios que realiza a otras ramas impulsa el crecimiento de aquellas; asimismo, es un *input* fundamental de muchas actividades a su vez creadoras de riqueza. Por otra parte, el carácter intensivo en capital del sector eléctrico hace que su aportación a la creación de empleo deba situarse en su contexto diferenciando claramente entre las fases de inversión y de operación. Así, del total de empleados en España, el sector eléctrico se sitúa en el entorno de 33.000 personas.

La Cátedra de energía de Orkestra ha puesto en marcha un estudio cuyo objetivo general es analizar la importancia que tiene la energía, tanto renovable como convencional, en la economía española.

En la jornada «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo», se presentó la primera etapa de este proyecto de investigación en la que se mostró un análisis individualizado de las energías renovables en España.

Se empleó para ello la metodología *Input/Output*, dada su capacidad de síntesis y concreción, así como por permitir efectuar estudios estructurales y de impacto de determinadas medidas o políticas sobre variables de interés. Además, se mostraron distintos análisis sobre empleo y coeficientes de arrastre.

En el presente trabajo, y en base a los comentarios recibidos en la jornada, hemos revisado el estudio allí presentado. Dado que nuestro interés básico es lograr, en primer lugar, una descomposición homogénea de la rama de actividad relacionada con la energía eléctrica, tanto para las energías renovables como convencionales, hemos dirigido nuestro análisis a tratar de buscar criterios que sean coherentes para el conjunto de tecnologías de generación.

Lo que aquí se presenta consiste en una etapa del trabajo, en la que se lleva a cabo un estudio individualizado de la rama «Producción y distribución eléctrica» y que entendemos que es relevante para determinar, coherentemente, datos básicos para la tabla *Input/Output*.

Por lo tanto, el presente trabajo, entendemos que debe verse como una aportación para la discusión y el contraste del citado análisis. Este trabajo recoge, fundamentalmente en el apartado 4, el tema de la desagregación de la rama eléctrica en las diferentes tecnologías.

Con el fin de llevar a cabo el citado examen, en este trabajo, en primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica de los trabajos relativos a este tema. En segundo lugar, se lleva a cabo una introducción a la metodología *Input/Output*. A continuación se pasa a explicar las bases para la construcción de la tabla *Input/Output* simétrica de 2007, ampliada con las ramas de energía renovable y convencionales desagregadas.

2. Revisión bibliográfica

La literatura existente sobre la relación entre la estructura económica y productiva y el consumo/generación de energía por medio del análisis *Input/Output* es relativamente abundante. En lo siguiente se realizará una revisión de algunas de las principales aportaciones en este sentido.

Un primer grupo de trabajos analiza el impacto de los cambios en la demanda final de los diferentes sectores económicos sobre el consumo/generación de energía. Este enfoque asume la hipótesis de estabilidad estructural en los coeficientes *Input/Output*. Entre las principales aportaciones destacan las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Trabajos en los que se aplica el modelo *Input/Output* de coeficientes fijos

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Objetivos y técnicas
Proops (1988)	Reino Unido	—	Modelo de demanda extendido.
Gowdy y Miller (1991)	U.S.A. and Japan, 1960-1980	7 sectores	Sectores verticalmente integrados.
Lenzen (1998)	Australia, 1992-1993	45 sectores	Análisis de los requerimientos de energía primaria debidos al consumo final de la economía.
Machado <i>et al.</i> (2001)	Brasil, 1995	19 sectores	Valoración del impacto del comercio internacional sobre el consumo de energía.
Mongelli <i>et al.</i> (2006)	Italia, 1992-2001	74 sectores	Cálculo de las intensidades de consumo energético.
Nässén <i>et al.</i> (2007)	Suecia, 2000	134 sectores	Evaluación del impacto de la construcción sobre el consumo de energía primaria.
Alcántara <i>et al.</i> (2010)	España, 2004	118 sectores	Análisis de los efectos hacia atrás y hacia adelante.
Mu <i>et al.</i> (2010)	China, 2002	21 sectores	Modelo de demanda sobre tabla <i>Input/Output</i> de la electricidad.
Yuan <i>et al.</i> (2010)	China, 2005	15 sectores	Evaluación de la influencia de la Crisis Financiera Global sobre el consumo de energía.
Xu <i>et al.</i> (2011)	China, 2007	42 sectores	Modelo de demanda extendido para valorar las actividades de la industria petrolífera.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor parte de estos trabajos se basan en la localización de los principales impactos sectoriales en el consumo energético debido a la actividad del sector exterior (Machado *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2011), al resto de componentes de la demanda final (Lenzen, 1998; Mu *et al.*, 2010; Yuan *et al.*, 2010; Xu *et al.*, 2011), la actividad productiva de los diversos sectores en general (Gowdy y Miller, 1991; Alcántara *et al.*, 2010) o de un sector productivo en particular (Nässén *et al.*, 2007). En general, en estos trabajos se aplica el modelo estático de demanda de Leontief; si bien algunos autores aplican el modelo dinámico de Leontief (Gowdy y Miller, 1991) o el modelo de oferta de Ghosh (Alcántara *et al.*, 2010).

Un segundo grupo de trabajos plantea el estudio de los cambios en la estructura de coeficientes *Input/Output*, es decir, relaja la hipótesis de estabilidad estructural. A su vez, pueden encontrarse dentro de este grupo dos tipos de estudios: los basados en el análisis de descomposición estructural (enfoque ex-post) y los basados en el análisis de sensibilidad de coeficientes (enfoque ex-ante).

En los trabajos basados en el análisis de descomposición estructural se cuantifican las variaciones observadas en el nivel de energía consumida/producida por el sistema económico, bien a nivel global o bien a nivel sectorial, entre dos tablas *Input/Output* correspondientes a dos períodos temporales o ámbitos geográficos. Estas variaciones se descomponen en variaciones debidas a diversos factores, principalmente cambios en las variables flujo (generalmente componentes de la demanda final) y variaciones debidas a cambios en la parámetros estructurales del sistema (coeficientes *Input/Output*). En la tabla 2 se muestran algunas de las principales aportaciones de este enfoque en la literatura.

Tabla 2. Trabajos en los que se aplica el análisis de descomposición estructural

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Factores
Rose y Chen (1991)	U.S., 1972-1982	80 sectores	Efecto de la demanda final, efecto del cambio tecnológico, efecto conjunto.
Kagawa e Inamura (2001)	Japón, 1985-1990	94 sectores	Estructura de la demanda de energía, estructura de insumos no energética, mix de productos no-energéticos, demanda final no energética.
Alcántara y Duarte (2004)	Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Holanda, Portugal, España, Suecia, Reino Unido, 1995	15 sectores	Intensidad de energía directa, efecto de la estructura de distribución, efecto de la estructura de demanda.
Liu <i>et al.</i> (2010)	China, 1992-2005	52 sectores	Eficiencia directa de la energía primaria, estructura del consumo de energía, estructura de <i>inputs</i> intermedios, estructura de las exportaciones, escala de las exportaciones.
Su y Ang (2012)	China, 2002-2007	110 sectores	Realiza una revisión de métodos de descomposición. Los factores varían según el método seleccionado.
Fan y Xia (2012)	China, 1987-2007	44 sectores	Estructura de <i>inputs</i> energéticos, estructura tecnológica, estructura de la demanda final por producto, estructura de la demanda final por categoría, estructura del consumo final de energía, estructura de la intensidad energética.

Fuente: Elaboración propia.

Estos estudios proporcionan un análisis ex-post del cambio tecnológico al atribuir parte de la variación observada en el consumo/producción de energía a la propia variación de los coeficientes *Input/Output*.

Un segundo tipo dentro de este grupo de trabajos que plantean la relajación de la hipótesis de estabilidad estructural proporcionan un estudio ex-ante del consumo/producción de energía mediante técnicas de análisis de sensibilidad. Esta forma de análisis se basa en la evaluación de pequeñas variaciones provocadas en los coeficientes *Input/Output* en términos de respuesta en el consumo/generación de energía. Entre las principales aportaciones basadas en este tipo de trabajo se encuentran las recopiladas en la tabla 3.

Tabla 3. Trabajos en los que se aplica el análisis de sensibilidad de coeficientes

Trabajo	Marco geográfico / temporal	Desagregación sectorial	Objetivos y técnicas
Tarancón <i>et al.</i> (2008)	España (2000)	73 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.
Tarancón <i>et al.</i> (2010)	15 países europeos (2003)	41 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.
Tarancón <i>et al.</i> (2011)	España (2005)	73 sectores	Cálculo de las elasticidades de los coeficientes <i>Input/Output</i> en relación a la generación de electricidad.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, cabe destacar algunas aportaciones que amplían las técnicas empleadas en los trabajos referenciados anteriormente.

Una de las extensiones se refiere a la endogenización del vector de demanda final de la economía, mediante el empleo de matrices de contabilidad social. Un trabajo en esta línea es el de Hartono y Resosudarmo (2008).

Otra de las extensiones se refiere al análisis de los impactos de diversos gravámenes sobre el sistema de precios, como en el trabajo de Llop y Pié (2008). Una alternativa es el estudio conjunto de precios y cantidades a través de modelos de equilibrio general computable, como en el caso de Naqvi (1998), Allan *et al.* (2007), Guivarch *et al.* (2009), Kretschmer y Peterson (2010) y He *et al.* (2011).

Otra extensión se refiere a la posibilidad de construir modelos que analizan las interacciones entre distintos sistemas económicos (a nivel regional o nacional). Para ello se han aplicado los modelos *Input/Output* interregionales, que requieren información sobre el comercio recíproco entre los sistemas estudiados. Un ejemplo de este tipo de modelos aplicados a la energía es Liang *et al.* (2006).

Dentro del campo específico del estudio de las energías renovables y en el caso de España podemos referirnos a artículos como «El impacto macroeconómico el sector eólico en España» elaborado por Deloitte para la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) de 2011.

Otro artículo de gran interés en el tema es el llevado a cabo por Simón *et al.* para la región de Aragón, cuyo título es Estimación del impacto socioeconómico del sector de la energía eólica en Aragón (1996-2012). En este trabajo se emplea el marco *Input/Output* (MIO) aragonés de 2005. Un trabajo en el que se estudia el sector energético renovable en su conjunto es el titulado «Modelos multisectoriales para la evaluación del sector energético español de renovables y su incidencia sobre la economía y el medio ambiente», que ha sido realizado para la Fundación Mapfre por Fuentes *et al.* Aquí se emplea la matriz de contabilidad social (MCS) española de 2008.

3. Metodología *Input/Output*

La metodología que se va a emplear es el análisis *Input/Output*. El análisis *Input/Output* es una herramienta de gran utilidad en los estudios económicos, ya que una tabla *Input/Output* (TIO) contiene un amplio volumen de información referente a las transacciones intermedias entre los distintos

sectores, a su demanda final y a los *inputs* primarios. Por ello, permiten un conocimiento detallado de la (nación) región, estableciendo la relación con el resto del mundo (exportaciones, en la tabla de empleos finales e importaciones que figuran desglosadas según las ramas que obtienen productos similares).

La TIO es un instrumento estadístico-contable en el que se representa la totalidad de las operaciones de producción y distribución que tienen lugar en una economía en un periodo determinado de tiempo, normalmente un año. Una tabla *Input/Output* aparece dividida en tres submatrices: una de demanda intermedia (en la que se recoge en cada casilla lo que un sector vende/compra a otro), una de demanda final (donde se recoge la demanda desagregada por sectores) y una de *inputs* primarios. En definitiva, es la tabla simétrica, al recoger (por columnas) la función de producción (costes) por productos, la que permite obtener las matrices de coeficientes técnicos y matrices de Leontief, que son la base para la elaboración de los modelos *Input/Output* más conocidos en el análisis económico.

Así, es posible plantear el denominado modelo de demanda, el cual se puede articular a partir de las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} X_1 &= x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + y_1 \\ X_2 &= x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} + y_2 \\ &\dots \\ X_n &= x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} + y_n \end{aligned}$$

donde x_{ij} representa el flujo del sector genérico i hacia el sector genérico j , y_i representa la demanda final del sector i y X_j es la producción total de j .

Matricialmente $x = X_i + y$, donde x sería el vector de producción total, i es un vector de unos, X es la matriz de producción intermedia e y la demanda final.

Se definen los coeficientes técnicos a_{ij} que se suponen constantes como:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$$

Este coeficiente puede ser interpretado como la proporción de la producción del sector j que es adquirido al i respecto de todas las compras efectuadas por j . A partir de estos coeficientes el modelo de Leontief puede ser reformulado de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_2 & \dots & X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Esta ecuación escrita de una manera más compacta será $X = AX + y$, de donde despejando la producción total, se obtiene $X = (I - A)^{-1} y$, donde $(I - A)^{-1}$ es la conocida inversa de Leontief.

La inversa de Leontief se utiliza para medir los impactos económicos, ya que recoge los efectos multiplicadores que se producen en una economía. Puede ser expresada como un desarrollo en serie de potencias, a partir de la expresión siguiente: $(I + A + A^2 + A^3 \dots + A^h) = (I - A)^{-1}$, pudiéndose observar los efectos directos producidos en la matriz A y los indirectos a través de $A^2 + A^3 \dots + A^h$. Se entiende por efectos directos los producidos en el global de la economía por un cambio en una variable exógena; mientras que los efectos indirectos son aquellos provocados como respuesta a esa modificación inicial experimentada por la economía.

3.1. Tablas de origen y destino. Tabla simétrica

En la actualidad el INE proporciona tablas *Input/Output* anuales de origen y destino y quinquenales simétricas.¹ El motivo de no elaborar tablas simétricas de periodicidad anual se debe a la gran necesidad de información estadística que conlleva este cometido, por ello el INE y EUROSTAT establecen la publicación de matrices simétricas cada 5 años.²

Las tablas de origen y destino proporcionan información sobre la oferta (en la tabla de origen, en la que figura la producción y las importaciones) y la demanda (en la de destino, en la que aparece la demanda intermedia y la demanda final) por categorías de productos. Los totales de ambas tablas por productos (filas) deben ser idénticos si el sistema está en equilibrio. Asimismo, la tabla de destino ofrece información sobre el valor añadido, esto es, sobre la remuneración obtenida por los factores primarios (trabajo, capital) en el proceso de producción para cada rama de actividad. Por tanto, en la tabla de destino se representan (en columnas) las estructuras de producción (costes) por ramas de actividad (ver figura 1).

Figura 1. Tabla de origen y tabla de destino

Tabla de origen	Ramas de actividad	Resto del mundo	Total	Tabla de destino	Ramas de actividad	Resto del mundo	Total
Productos	Producción por productos y por ramas de actividad	Importación por productos	Oferta total por productos	Productos	Demanda intermedia (consumo intermedio) de cada rama por productos	Componentes de la demanda final por productos	Demanda total por productos
				Valor añadido	Valor añadido por componentes y ramas de actividad		
				Total	Producción por ramas de actividad		

Fuente: INE: Los sistemas *Input/Output* en el SEC: SEC79 y SEC95.

La tabla de destino, al igual que la tabla de origen, utiliza clasificaciones diferentes en las filas y en las columnas de las matrices que la componen. Por ejemplo, la matriz de consumos intermedios se define por filas por (grupos de) productos y por columnas por ramas de actividad.

Podemos considerar la matriz simétrica como una tabla que reordena y condensa la información contenida en las tablas de origen y destino, posibilitando así su uso como instrumento para el análisis económico³. El objetivo perseguido es redefinir las operaciones contables reflejadas en las tablas de origen y destino de modo que se adapten a los principios de Leontief y posibiliten la definición de modelos de ecuaciones (modelos de Oferta y Demanda) que reflejan el funcionamiento de la economía. En concreto, se trata de que la tabla refleje un esquema de producción simple, en el sentido de que las columnas de la matriz muestren las funciones de producción de un determinado tipo de producto (ver figura 2).

¹ Puede verse al respecto la página web del INE: <http://www.ine.es/daco/daco42/cne00/cneio2000.htm> donde aparecen recogidas las tablas de origen y destino de 2000 a 2007 y las simétricas de 2000 y 2005.

² Ver nota metodológica sobre la tabla simétrica de la economía española para 1995, INE.

³ Cañada (2001).

Figura 2. Tabla simétrica

	<i>Ramas homogéneas o productos</i>	<i>Demanda final</i>	<i>Total</i>
Productos	Matriz de consumos intermedios	Matriz de demanda final	Total empleos (demanda) por productos
Impuestos (netos) s/productos	Imp. netos s/consumos intermedios	Imp. netos s/demanda final	
Valor añadido	Matriz de valor añadido		
Total (1)	Producción por rama de actividad		
Resto del mundo (2)	Importación por productos		
Total (1) + (2)	Total de recursos (oferta) por		

Fuente: INE: Los sistemas *Input/Output* en el SEC: SEC79 y SEC95.

La tabla simétrica es, por tanto, una tabla derivada de las anteriores y constituye, en su mayor parte, el resultado de procesos de reelaboración del subsistema origen/destino; y por lo general, el sistema estadístico no proporciona directamente la información necesaria para elaborar esta tabla.

Su estructura, es como puede verse, similar a la de la tabla de destino, pero presenta dos importantes diferencias:

- Las columnas de las matrices de consumos intermedios y valor añadido están definidas por «productos» o por «ramas de actividad homogéneas». En este caso se tiene una representación de la estructura de producción (costes) por productos, en tanto que en la tabla de destino se plasma la estructura de costes por ramas de actividad. Estas columnas se obtienen por división y posterior reagrupamiento de las de las tablas de destino, asignándose por distintos procedimientos, los *inputs* a cada categoría específica de productos. La producción que aparece en estas tablas corresponde a un solo tipo de producto (las filas de la matriz de producción en la tabla de origen).
- Por otro lado, se añaden en la parte inferior de esta tabla las importaciones por productos, con lo cual se tiene como total de las columnas, la oferta (recursos en el lenguaje contable) por cada tipo de producto, es decir, lo que en la tabla de origen aparecía como suma de las filas. Por tanto, dado que por filas se refleja la demanda (empleos) también por tipo de producto, esta tabla permite examinar directamente los equilibrios contables.

La tabla simétrica se obtiene mediante una conversión de las tablas de origen y destino, ambas a precios básicos. Esto supone un cambio de formato, ya que se pasa de dos matrices rectangulares (donde el número de productos es igual o mayor al número de ramas) a una matriz cuadrada; y su obtención requiere, habitualmente, un elevado volumen de recursos (en información y en tiempo).

4. Sobre la construcción de una matriz simétrica para España (2007)

Para construir la tabla simétrica se aplica la denominada tecnología del producto. Se supone que cada producto requiere para su obtención una determinada combinación de factores productivos, de trabajo y capital que son independientes de la rama de actividad concreta que lo produzca. Suele ser más consistente con la construcción de tablas producto por producto para el análisis *Input/Output*.

Aplicando la tecnología del producto para la construcción de la matriz simétrica, tenemos:

$$A_s = BC^{-1}$$

Donde A_s representa la matriz de coeficientes técnicos de la tabla simétrica. Por otra parte, $C = V\hat{g}^{-1}$, V es la matriz de origen y \hat{g}^{-1} es el vector de *output* total por ramas de actividad, $B = U\hat{g}^{-1}$, U representa la matriz de destino.

Esta metodología es la habitualmente utilizada en los trabajos aplicados para determinar la matriz simétrica, dado que tiene cierta interpretación económica, como ya se ha señalado.

Las últimas tablas elaboradas por el INE de origen y destino se refieren al año 2007. Tienen una desagregación de 118 productos por 75 ramas de actividad. Sin embargo, la clasificación que finalmente se ha adoptado en la tabla simétrica es a 51 filas y columnas. En ella se ha conjugado la necesidad de tener una tabla cuadrada de origen para llevar a cabo su inversión con la necesidad de combinar distintas fuentes estadísticas. La agregación empleada, así como una breve indicación de los subsectores recogidos, aparece presentado en la tabla 1 del anexo.

4.1. Desagregación de la rama «Producción y distribución de electricidad»

El primer paso para llevar a cabo el estudio del impacto de la energía, y en particular de la energía eléctrica, en la economía nacional, identificando la importancia de los efectos de las diferentes tecnologías es la separación de la rama «Producción y distribución de electricidad» de la tabla *Input/Output*. Dicha separación se lleva a cabo tanto en filas como en columnas.

Siendo conscientes de que la metodología empleada en la separación de las filas de las energías renovables presentada en la jornada (para la obtención de las filas se multiplicaban los porcentajes de la producción de las renovables por los valores de la tabla simétrica), presenta la limitación de suponer el mismo precio para distintas tecnologías renovables, hemos explorado nuevas alternativas conducentes a superar esta limitación.

Aquí se muestra una de estas alternativas, que consiste en construir la separación en filas, mediante la estimación del valor económico de la energía considerando la producción física de electricidad desagregada por tecnologías y precio medio de cada una de ellas. En una primera etapa se determina dicho valor para la rama «Producción y distribución de electricidad». Para ello, ahora se consideran tanto las tecnologías incluidas en el Régimen Ordinario como en el Especial. Con este método, debería converger la correspondiente cifra de la suma del valor económico de todas las tecnologías, con el valor económico de la rama «Producción y distribución de energía eléctrica» de las tablas *Input/Output*. Ciertamente este método pone de relieve el mayor valor añadido de ciertas tecnologías, consecuencia de las primas que reciben algunas tecnologías.

Por lo que se refiere al Régimen Ordinario, se utiliza el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que proporciona la Comisión Nacional de la Energía y la producción del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. En relación al Régimen Especial, se ha estimado su retribución económica, a partir de la información del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y de la Comisión Nacional de la Energía.

Consideraremos la producción física que puede llegar al consumidor final, es decir, la demanda en barras de central (b.c). En nuestro caso, se agregan los valores publicados por el MITyC en su cuarto informe trimestral sobre la coyuntura energética de 2007 para el territorio peninsular y las extra peninsulares; y se obtienen los valores de producción nacional de energía eléctrica acumulada en 2007 que se puede ver en la tabla 4.

Además, suponemos que los consumos propios se deben mayoritariamente al Régimen Ordinario, y por tanto los descontamos exclusivamente de éste. En el caso de la gran hidráulica, descontaremos adicionalmente también los consumos por bombeo.

Tabla 4. Producción nacional de energía eléctrica por combustibles (GWh)

I.1. Régimen Ordinario	239.587
Hidroeléctrica	26.338
Térmica	213.249
Nuclear	55.103
Total carbón	72.941
Hulla y antracita nacional	
Lignito pardo	
Lignito negro	
Hulla importada	
Gas siderúrgico	1.246
Gas natural	69.482
Productos petrolíferos	14.477
I.2. Régimen Especial	72.341
Hidroeléctrica	4.168
Eólica	27.050
Fotovoltaica	464
Carbón	463
Gas natural	25.185
Productos petrolíferos	6.437
Biomasa y residuos	8.574
Total producción nacional (GWh b.g)	311.928
Consumos propios	12.445
Consumo en bombeo	4.350
Importación-exportación	-5.750
Demanda nacional (GWh b.c.)	289.383
Total nacional (GWh)	311.927
Consumos propios	-12.445
Consumo en bombeo	-4.350
Total venta energía (GWh)	222.792

Fuente: Elaboración propia a partir de MITyC-SGE (2007).

Este criterio se aplica al total de consumos propio (12.445 GWh), proporcionalmente a la generación de energía eléctrica de cada tecnología del Régimen Ordinario.⁴

El producto de los valores de producción física del MITyC-SGE así calculados por el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que registra CNE (46,45 €/MWh) proporciona el valor económico correspondiente a las tecnologías de generación en Régimen Ordinario.

En cuanto al Régimen Especial, se han comparado los valores tabulados por el MITyC-SGE con aquellos que presenta la CNE en relación a la retribución anual total recibida por los productores del Régimen Especial en España (tabla 2 del anexo).

Se han hecho los siguientes supuestos. La totalidad de las cuantías que recoge la tabla del MITyC-SGE para las partidas del carbón, gas natural y productos petrolíferos del Régimen Especial corresponden a la cogeneración⁵. La partida correspondiente a biomasa y residuos corresponde en realidad a biomasa, residuos y tratamiento de residuos de la CNE.

⁴ Es un supuesto discutible en cuanto que a la cogeneración también le corresponde parte de estos consumos propios.

⁵ De acuerdo a esta suposición, a la cogeneración supone 32085 GWh mientras que de acuerdo a los datos de la CNE, a la cogeneración le corresponden 17.715 GWh. Esta diferencia es principalmente la razón por la que las cuantías totales del Régimen Especial no coincidan para MITyC y REE.

Dado que en 2007 se exportó electricidad, también se ha empleado el precio medio final del conjunto de unidades de adquisición que registra la CNE al valor de exportación que registra el MITyC-SGE.

Por tanto, para el Régimen Especial se ha calculado la retribución económica, multiplicando la producción del MITyC-SGE por el precio medio estimado a partir de los datos de la CNE. El precio medio lo estimamos dividiendo la retribución económica de la CNE entre la producción de la CNE.

La tabla 5 presenta los valores monetarios correspondientes a la producción del Régimen Ordinario y del Régimen Especial, de acuerdo a los supuestos anteriores.

Tabla 5. Valor monetario de la producción nacional de energía eléctrica

	GWh	Reparto de consumos propios	GWh descontadas pérdidas	Precio (€/MWh)	Valor monetario (miles de €)	% respecto valor monetario
Régimen Ordinario (RO)				46,45		
Hidroeléctrica	26.338,00	1.368,09	20.619,91		957.794,85	5,84
Nuclear	55.103,00	2.862,25	52.240,75	P.F.M.	2.426.583,04	14,80
Carbón	72.941,00	3.788,81	69.152,19	Conjunto	3.212.119,01	19,59
Gas siderúrgico	1.246,00	64,72	1.181,28	de Unidades	54.870,38	0,33
Gas natural	69.482,00	3.609,14	65.872,86	de Adquisición	3.059.794,26	18,66
Productos petrolíferos	14.477,00	751,99	13.725,01	(46,45)	637.526,86	3,89
TOTAL RO	239.587,00	12.445,00	222.792,00		10.348.688,40	63,12
Régimen Especial (RE)						
Hidroeléctrica (<50MW)	4.168,00		4.168,00	77,40	322.595,93	1,97
Eólica	27.050,00		27.050,00	78,14	2.113.795,47	12,89
Fotovoltaica	464,00		464,00	433,95	201.350,92	1,23
Carbón	463,00		463,00	76,09	35.229,50	0,21
Gas natural	25.185,00		25.185,00	76,09	1.916.317,14	11,69
Productos petrolíferos	6.437,00		6.437,00	76,09	489.788,90	2,99
Biomasa y residuos	8.574,00		8.574,00	81,69	700.393,42	4,27
TOTAL RE	72.341,00				5.779.471,29	35,25
TOTAL PRODUCCIÓN NACIONAL (GWh b.g)	311.928,00					
Consumos propios	12.445,00					
Consumo en bombeo	4.350,00					
Importación - exportación	-5.750,00		-5.750,00	46,45	267.087,50	1,63
Demanda nacional (GWh b.c.)	289.383,00					
			TOTAL		16.395.247,19	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir de MITyC y CNE (2007).

Para las columnas, de manera análoga a lo realizada para la separación de filas, se desagregan las tecnologías de generación eléctrica con respecto a la rama de actividad «Producción y distribución eléctrica» de la tabla simétrica *Input/Output* 2007 a precios básicos.

En la versión presentada en la jornada se optó por analizar sólo las renovables y aplicar unos porcentajes de acuerdo a los costes de operación y mantenimiento que presentaba en torno a 2007 cada tecnología renovable objeto de estudio. Para ello, se consultaron el Plan de Energías Renovables 2005-2010 y el estudio Energías Renovables y Generación de empleo en España, presente y futuro, publicado en 2007.

No obstante y dado que el objetivo final del proyecto, tal y como hemos indicado más arriba, es obtener una matriz que sirva tanto para estudiar las tecnologías renovables como las convencionales, se considera más conveniente desagregar las renovables de acuerdo a conceptos similares a los que contenían las tecnologías convencionales.

Es decir, se parte de la estructura de compra-venta que presenta la matriz simétrica de 2007 y se hacen algunas modificaciones de tal manera que el 100% de la estructura de costes representa homogéneamente el conjunto de las tecnologías.

Concretamente, se «anulan» las celdas correspondientes a «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba», «Coquerías, refino y combustibles nucleares» y «Producción y distribución de gas» en el caso de renovables y las celdas «Coquerías, refino y combustibles nucleares» y «Producción y distribución de gas» para las centrales termoeléctricas de carbón, «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba» y «Coquerías, refino y combustibles nucleares» para las centrales termoeléctricas de gas y «Extracción de antracita, hulla, lignito y turba» y «Producción y distribución de gas» en el caso de las centrales nucleares.

De esa forma, parece que se debería llegar a una estructura, que de forma general, represente mejor la realidad de las tecnologías de generación eléctrica más significativas en el mix eléctrico y que sería coherente con una desagregación homogénea de la generación eléctrica tanto en Régimen Especial como en el ordinario.

Ahora se trataría de «fusionar» los datos de la estructura de costes obtenida a partir de los informes mencionados con los que representa la matriz simétrica de 2007 una vez valoradas a cero las compras realizadas por las renovables para abastecerse de combustibles fósiles y nucleares.

A partir de lo anteriormente expuesto, consideramos que la separación de las ramas renovables efectuada ganará en precisión y realismo. Con el objetivo de contrastar la adecuación de estos resultados procederemos a efectuar un contraste de los mismos con la información a nivel de microdatos de la Encuesta Industrial proporcionada por el INE con el siguiente desglose según la CNAE 2009:

- 3512 Transporte de energía eléctrica.
- 3513 Distribución de energía eléctrica.
- 3514 Comercio de energía eléctrica.
- 3515 Producción de energía hidroeléctrica.
- 3516 Producción de energía eléctrica de origen térmico convencional.
- 3517 Producción de energía eléctrica de origen nuclear.
- 3518 Producción de energía eléctrica de origen eólico.
- 3519 Producción de energía eléctrica de otros tipos.

A partir de la separación de estas energías conseguiremos la matriz *Input/Output* simétrica para el año 2007 en la que aparecerán desagregadas las distintas tecnologías renovables y no renovables.

A partir de esta matriz simétrica ampliada podremos analizar la importancia de las mismas, tanto a nivel de empleo, considerando el impacto que tendría en la generación del mismo un aumento en la demanda final, como en los efectos económicos directos e indirectos en otras ramas de actividad.

5. Referencias

- ALCÁNTARA, V.; DEL RÍO, P. y HERNÁNDEZ, F. (2010): «Structural analysis of electricity consumption by productive sectors. The Spanish case», *Energy* 35 (5): 2088-2098.
- ALCÁNTARA, V. y DUARTE, R. (2004): «Comparison of energy intensities in European Union countries. Results of a structural decomposition analysis», *Energy Policy* 32: 177-189.
- ALLAN, G.; HANLEY, N.; MCGREGOR, P.; SWALES, K. y TURNER, K. (2007): «The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: A computable general equilibrium analysis for the United Kingdom», *Energy Economics* 29 (4): 779-798.

- CAÑADA, A. (2001): *Una nota sobre coeficientes y modelos multiplicadores a partir del nuevo sistema Input/Output del SEC-95*. <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4214/cbtc26.pdf>.
- DELOITTE (2008): *El impacto macroeconómico el sector eólico en España*. Informe elaborado para Asociación Empresarial Eólica.
- FAN, Y. y XIA, Y. (2012): «Exploring energy consumption and demand in China», *Energy* (in press).
- FUENTES et al. (2008): *Modelos multisectoriales para la evaluación del sector energético español de renovables y su incidencia sobre la economía y el medio ambiente*. Informe realizado para la Fundación Mapfre.
- GOWDY, J.M. y MILLER, J.L. (1991): «An *Input/Output* approach to energy efficiency in the U.S.A. and Japan (1960-1980)», *Energy* 16 (6): 897-902.
- GUIVARCH, C.; HALLEGATTE, S. y CRASSOUS, R. (2009): «The resilience of the Indian economy to rising oil prices as a validation test for a global energy-environment-economy CGE model», *Energy Policy* 37 (11): 4259-4266.
- GUO, J.; LAWSON, A.M. & PLANTING, M.A. (2002): *From Make-Use to Symmetric Input/Output Tables: An Assessment of Alternative Technology Assumptions*. The 14th International Conference on *Input/Output* Techniques, Canada.
- HARTONO, D. y RESOSUDARMO, B.P. (2008): «The economy-wide impact of controlling energy consumption in Indonesia: An analysis using a Social Accounting Matrix framework», *Energy Policy* 36 (4): 1404-1419.
- HE, Y.X.; YANG, L.F.; HE H.Y.; LUO, T. y WANG, Y.J. (2011): «Electricity demand price elasticity in China based on computable general equilibrium model analysis», *Energy* 36: 1115-1123.
- IDAE (2011): *Empleo asociado al impulso de las energías renovables*. Estudio Técnico. PER 2011-2020.
- IDAE (2011): *Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables*. Estudio Técnico. PER 2011-2020.
- IDAE (2005): PER 2005-2010.
- IDAE (2011): PER 2011-2020.
- INE (1999): *Nota metodológica sobre la tabla simétrica de la economía española para 1995*.
- INE (2009): <http://www.ine.es/daco/daco42/cne00/simetrica2005.pdf>.
- INE (2010): *Marco Input/Output, 2007*.
- KAGAWA, S. y INAMURA, H. (2001): «A Structural Decomposition of Energy Consumption Based on a Hybrid Rectangular *Input/Output* Framework: Japan's Case», *Economic Systems Research* 13: 339-363.
- KRETSCHMER, B. y PETERSON, S. (2010): «Integrating bioenergy into computable general equilibrium models: A survey», *Energy Economics* 32 (3): 673-686.
- LENZEN, M. (1998): «Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an *Input/Output* analysis», *Energy Policy* 26: 496-506.
- LIANG, Q.M.; FAN, Y. y WEI, Y.M. (2006): «Multi-regional *Input/Output* model for regional energy requirements and CO₂ emissions in China», *Energy Policy* 35 (3): 1685-1700.
- LIU, H.; XI, Y.; GUO, J. y LI, X. (2010): «Energy embodied in the international trade of China: An energy *Input/Output* analysis», *Energy Policy* 38 (8): 3957-3964.
- LLOP, M. y PIÉ, L. (2008): «*Input/Output* analysis of alternative policies implemented on the energy activities: An application for Catalonia», *Energy Policy* 36 (5): 1642-1648.
- MACHADO, G.; SCHAEFFER, R. y WORRELL, E. (2001): «Energy and carbon embodied in the International Trade of Brazil: an *Input/Output* approach», *Ecological Economics* 39: 409-424.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO e IDAE (2010): *Paner 2011-2020*.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO (2008): *La energía en España. 2007*.
- MONGELLI, I.; TASSIELLI, G. y NOTARNICOLA, B. (2006): «Global warming agreements, international trade and energy/carbon embodiments: an *Input/Output* approach to the Italian case», *Energy Policy* 34 (1): 88-100.
- MU, T.; XIA, Q. y KANG, C. (2010): «*Input/Output* table of electricity demand and its application», *Energy* 35: 326-331.
- NAQVI, F. (1998): «A computable general equilibrium model of energy, economy and equity interactions in Pakistan», *Energy Economics* 20 (4): 347-373.
- NÄSSÉN, J.; HOLMBERG, J.; WADESKOG, A. y NYMAN, M. (2007): «Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: An *Input/Output* analysis», *Energy* 32: 1593-1602.
- PROOPS, J.L.R. (1988): «Energy intensities, *Input/Output* analysis and economic development», en CIASCHINI, M. (eds.): *Input/Output Analysis: Current Developments*. London: Chapman and Hall: 201-215.
- ROSE, A. y CHEN, C.Y. (1991): «Sources of change in energy use in the U.S. economy, 1972-1982», *Resources and Energy* 13: 1-21.
- SIMÓN et al. (2009): *Estimación del impacto socioeconómico del sector de la energía eólica en Aragón (1996-2012)*. Informe final a cargo de la Asociación de Productores de Energía Eólica de Aragón.
- SU, B. y ANG, B.W. (2012): «Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments», *Energy Economics* 34: 177-188.
- SUÁREZ, M. et al. (2010): *Metodología utilizada en la elaboración de la matriz simétrica del marco Input/Output de Galicia 2005 (MIOGAL-2005)*. Jornadas Estadísticas de las Comunidades Autónomas, Cáceres.

TARANCÓN, M.A. (2005): *Técnicas de análisis Input/Output*. Ed. ECU.

TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. y CALLEJAS, F. (2008): «Tracking the genealogy of CO₂ emissions in the electricity sector. An intersectoral approach applied to the Spanish case», *Energy Policy* 36 (6): 1915-1926.

TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. y CALLEJAS, F. (2010): «Assessing the influence of manufacturing sectors on electricity demand. A cross-country *Input/Output* approach», *Energy Policy* 38 (4): 1900-1908.

Anexo

Tabla 1. Agregación empleada

Sectores finales		Sectores agregados
Agricultura, Ganadería y Pesca	1	Agricultura, ganadería, caza y actividades de los servicios relacionados con las mismas (01). Selvicultura, explotación forestal y actividades de los servicios relacionados con las mismas (02). Pesca (05).
Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	2	Extracción y aglomeración de antracita, hulla, lignito y turba (10).
Extracción de crudos de petróleo, gas natural, uranio y torio	3	Extracción de crudos de petróleo y gas natural. Actividades de los servicios relacionados con las explotaciones petrolíferas y de gas, excepto actividades de prospección (11). Extracción de minerales de uranio y torio (12).
Extracción de minerales metálicos	4	Extracción de otros minerales excepto productos energéticos (13).
Extracción de minerales no metálicos	5	Extracción de minerales no metálicos ni energéticos (14).
Coquerías, refino y combustibles nucleares	6	Coquerías, refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares (23).
Producción y distribución de energía eléctrica	7	Producción y distribución de energía eléctrica (401).
Producción y distribución de gas	8	Producción de gas; distribución de combustibles gaseosos por conductos urbanos, excepto gaseoductos (402).
Captación, depuración y distribución de agua	9	Producción y distribución de vapor y agua caliente (403).
Industria alimenticia	10	Industria de la alimentación, bebidas y tabaco (15 y 16).
Industria textil	11	Preparación e hilado de fibras textiles (171). Fabricación de tejidos textiles (172). Acabado de textiles (173). Fabricación de otros artículos confeccionados con textiles, excepto prendas de vestir 174). Otras industrias textiles (175). Fabricación de tejidos de punto (176). Fabricación de artículos en tejidos de punto (177). Confección de prendas de cuero (181). Confección de prendas de vestir en textiles y accesorios (182). Preparación y teñido de pieles de peletería; fabricación de artículos de peletería (183).
Industria del cuero y del calzado	12	Preparación curtido y acabado del cuero; fabricación de artículos de marroquinería y viaje; artículos de guarnicionería, talabartería y zapatería (19).
Industria de la madera y el corcho	13	Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería (20).
Papel y artes graficas	14	Industria del papel (21). Edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados (22).

<i>Sectores finales</i>		<i>Sectores agregados</i>
Industria química	15	Fabricación de productos químicos básicos (241). Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos (242). Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; tintas de imprenta y masillas (243). Fabricación de productos farmacéuticos (244). Fabricación de jabones, detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento). Fabricación de perfumes y productos de belleza e higiene (245). Fabricación de otros productos químicos (246). Fabricación de fibras artificiales y sintéticas (247).
Industria del caucho y materias plásticas	16	Fabricación de productos de caucho y materias plásticas (25).
Fabricación de cemento, cal y yeso	17	Fabricación de cemento. Fabricación de cal. Fabricación de yeso. Fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento (265).
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	18	Fabricación de vidrio y productos de vidrio (261).
Industrias de la cerámica	19	Industrias de la cerámica (262 y 263).
Fabricación de otros productos minerales	20	Fabricación de ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción (264).
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	21	Metalurgia. Fabricación de elementos metálicos para la construcción (27 y 28).
Maquinaria y equipo mecánico	22	Fabricación de máquinas, equipo y material mecánico (291). Fabricación de otra maquinaria, equipo y material mecánico de uso general (292). Fabricación de maquinaria agraria (293). Fabricación de máquinas-herramienta (294). Fabricación de maquinaria diversa para usos específicos (295). Fabricación de armas y municiones (296), Fabricación de aparatos domésticos (297).
Máquinas de oficina y equipos informáticos	23	Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos (30).
Fabricación de material eléctrico, electrónico y de precisión	24	Fabricación de maquinaria y material eléctrico (31). Fabricación de material electrónico; fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones (32). Fabricación de equipo e instrumentos médico-quirúrgicos, de precisión, óptica y relojería (33).
Material de transporte	25	Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques (34). Fabricación de otro material de transporte (35).
Muebles y otras industrias manufactureras	26	Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras (36).
Reciclaje	27	Reciclaje (37).
Construcción	28	Construcción (45).
Venta y reparación de vehículos de motor; comercio de combustible para automoción	29	Venta, mantenimiento y reparación de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; venta al por menor de combustible para vehículos de motor (50).
Comercio	30	Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas (51). Comercio al por menor, excepto el comercio de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores; reparación de efectos personales y enseres domésticos (52).
Alojamiento y restauración	31	Hostelería (551 y 552). Restauración (553, 554 y 555).
Transporte por ferrocarril	32	Transporte por ferrocarril (601).

<i>Sectores finales</i>		<i>Sectores agregados</i>
Transporte terrestre y transporte por tubería	33	Otros tipos de transporte terrestre.(transporte urbano, transporte en taxi, transporte de mercancías por carretera) (602). Transporte por tubería (603).
Transporte marítimo	34	Transporte marítimo, de cabotaje y por vías de navegación interiores (61).
Transporte aéreo y espacial	35	Transporte aéreo y espacial (62).
Actividades anexas a los transportes	36	Actividades anexas a los transportes (631 y 632).
Actividades de agencias de viajes	37	Actividades de agencias de viajes (633).
Correos y telecomunicaciones	38	Correos y telecomunicaciones (64).
Intermediación financiera	39	Intermediación financiera, excepto seguros y planes de pensiones (65). Seguros y planes de pensiones, excepto seguridad social obligatoria (66). Actividades auxiliares a la intermediación financiera (67).
Actividades inmobiliarias	40	Actividades inmobiliarias (70).
Alquiler de maquinaria y enseres domésticos	41	Alquiler de maquinaria y equipo sin operario, de efectos personales y enseres domésticos (71).
Actividades informáticas	42	Actividades informáticas (72).
Investigación y desarrollo	43	Investigación y desarrollo (73).
Otras actividades empresariales	44	Actividades jurídicas, de contabilidad, teneduría de libros, auditoría, asesoría fiscal, estudios de mercado y realización de encuestas de opinión pública; consulta y asesoramiento sobre dirección y gestión empresarial, gestión de sociedades (741). Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería y otras actividades relacionadas con el asesoramiento técnico (742). Ensayos y análisis técnicos (743). Publicidad (744). Selección y colocación de personal (745). Servicios de investigación y seguridad (746). Actividades industriales de limpieza (747). Actividades empresariales diversas (748).
Administración pública	45	Administración pública, defensa y seguridad social (75).
Educación	46	Educación (80).
Sanidad y servicios sociales	47	Actividades sanitarias y veterinarias, servicio social (85).
Saneamiento público	48	Actividades de saneamiento público (90).
Actividades asociativas	49	Actividades asociativas (91).
Actividades recreativas, culturales y deportivas	50	Actividades recreativas, culturales y deportivas (92).
Actividades diversas de servicios personales	51	Actividades diversas de servicios personales (93).

Fuente: Elaboración propia. Los números que aparecen entre paréntesis se refieren a su clasificación según la CNAE-93.

Tabla 2. Retribución anual total recibida por los productores del Régimen Especial en España (2007)

<i>Tecnología</i>	<i>Potencia instalada (MW)</i>	<i>Energía primada (GWh)</i>	<i>Retribución total (miles €)</i>	<i>Precio medio retribución total (cent€/kWh)</i>	<i>Prima equivalente (miles €)</i>
Cogeneración	6.013,63	17.714,61	1.347.898,35	7,61	607.658,01
Solar	704,50	496,79	215.578,61	43,39	194.819,39
Eólica	14.536,55	27.603,32	2.157.034,14	7,81	1.003.574,61
Hidráulica	1.896,17	4.126,40	319.376,04	7,74	146.946,29
Biomasa	557,15	2.174,06	192.480,09	8,85	101.632,76
Residuos	558,81	2.722,04	167.814,27	6,17	54.068,33
Trat. residuos	532,63	3.414,55	318.586,42	9,33	175.902,73
Total 2007	24.799,43	58.251,77	4.718.767,92	8,10	2.284.602,12

Fuente: Elaboración propia a partir de CNE.

Las tablas *Input/Output* y el tratamiento de productos y ramas de la energía: aspectos estadísticos y metodológicos

Presentado por *Agustín Cañada*

Asesor técnico para la contabilidad regional y cuentas satélite de la Dirección General de Economía, Estadística e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid

1. Introducción

La atención a los temas de la energía en el sistema de cuentas nacionales ha variado a lo largo del tiempo, conforme variaban también las preocupaciones y la intensidad de los problemas económicos de los países en relación con este ámbito. Un hito indiscutible en la visión contable de la energía, fue el de las crisis del petróleo del período 1973-1980, cuyo impacto socio-económico tuvo un lógico reflejo en los sistemas estadísticos y de cuentas nacionales en todo el mundo; se desarrollaron nuevos métodos estadísticos y contables, especialmente en la Unión Europea (entonces todavía Comunidad europea) una de las zonas más dependientes del abastecimiento exterior de estos productos. Entre otras iniciativas para la mejora de las estadísticas y del sistema de medición macroeconómica de la energía, se impulsó la elaboración unas tablas *Input/Output* de la energía, (que serán comentadas en el apartado 5 de este trabajo).

En los últimos años sin embargo, el enfoque sobre los temas de la energía se ha ido desplazando desde un análisis meramente economicista de su importancia monetaria, hacia la preocupación por la sostenibilidad y las cuestiones medioambientales. Por ello, se han desarrollado instrumentos de medición de la energía que se encuadran dentro del marco de las cuentas medioambientales: las denominadas «Cuentas de la Energía», cuya primera versión piloto para España ha sido recientemente publicada por el INE y cuyas características principales se describen en esta presentación.

Dado que las cuentas de la energía constituyen sistemas satélite de las metodologías de cuentas nacionales, una parte de la exposición se dedica a comentar aquellos elementos del sistema contable que resultan cruciales para comprender el alcance y características de aquellas; en particular el núcleo central del sistema *Input/Output*, que son las denominadas tablas de origen y destino.

La estructura del estudio es la siguiente: En el apartado 2 se comentan de forma muy simplificada algunos hitos en la evolución de los métodos de contabilidad nacional y medioambiental de relevancia para nuestro análisis; en el apartado 3 se describen las tablas de origen y destino de las cuentas nacionales; en el apartado 4, se describen las Cuentas de la energía de acuerdo con la metodología europea; el apartado 5 presenta algunos rasgos de las tablas *Input/Output* de la energía, antecedentes de las actuales cuentas; el papel se completa con un apartado 6 de conclusiones.

2. La energía en los sistemas de cuentas nacionales y medioambientales: una nota histórica

En el cuadro 1 se plasman de manera muy simplificada algunos de los hitos fundamentales en la evolución de los sistemas de cuentas nacionales y, de forma paralela del sistema de contabilidad me-

dioambiental. En el cuadro se ha hecho hincapié exclusivamente en aquellas fases que a juicio del autor son más relevantes desde la perspectiva de este trabajo¹.

Cuadro 1. Algunos hitos en la evolución de los sistemas de cuentas nacionales y medioambientales

Cuentas nacionales			Cuentas medioambientales	
Naciones Unidas		Comunidad/ Unión Europea	SEEA	Unión Europea
SCN1947 SCN1952				
SCN1968	→	SEC1970 (2 Ed. SEC1979)		
			SEEA93 (1993)	
SCN1993	→	SEC1995	SEEA93 Handbook (2000) (Rev.: 2003)	
				ESEA 2008
Informe Stigliz (2009)		Beyond GDP (2009)		Reglamento (2011): NAMEA Energy PEFA Manual
SCN2008 (2010)	→	SEC2010 (2012)	SEEA2012 (¿2013?)	

La última versión de los sistemas contables son el SCN2008 y su versión europea, el SEC2010. Además de algunos cambios metodológicos (Cañada, 2010)² el aspecto más interesante de los nuevos sistemas en lo referente a la medición de variables de la energía, es la mayor relevancia que se concede a las Cuentas Satélite (CS): Se incluyen nuevos capítulos en esas metodologías con la definición de una estructura común para las CS y una breve descripción de algunas CS básicas (I+D, Turismo, Agricultura, Protección Social...) y en particular de las Cuentas medioambientales dentro de las cuales se incluyen las cuentas de la energía.

En lo que respecta a los sistemas de cuentas medioambientales, puede decirse que comienzan a tomar cuerpo en torno a la década de los ochenta del pasado siglo. Constituyen sistemas satélite de las cuentas nacionales que tratan de resolver una de las grandes controversias y limitaciones de aquéllas: la consideración de los efectos de la actividad económica sobre el medio ambiente.

Las denominaciones siguen las mismas pautas que en la contabilidad, y hacen referencia a las fechas en que se ha ido revisando: Un momento histórico crucial en la evolución de estos sistemas de cuentas

¹ Una aclaración sobre las siglas del cuadro 1: La metodología internacional de referencia para las cuentas nacionales es el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) de las Naciones Unidas. Desde el año 1952, fecha de la primera versión, se han ido sucediendo distintas revisiones, por lo que a las siglas SCN, se les añade un código numérico vinculado a la fecha de elaboración o aprobación oficial; por ejemplo, la del año 1993 era el SCN93. En 2009 se completó el nuevo SCN con referencia a 2008 (SCN2008). La adaptación del SCN al ámbito europeo es lo que se conoce como «Sistema Europeo de Cuentas Nacionales y Regionales», abreviadamente SEC. Al igual que el SCN, se añade alguna referencia numérica en las siglas para indicar la correspondiente versión. Por ejemplo, el SEC95 (versión europea del SCN93) es la versión de 1995, actualmente todavía en vigor, aunque se ha finalizado la revisión de la nueva versión (transposición del SCN 2008) cuya denominación es SEC2010 y que entra en vigor a partir de 2014.

² Como el nuevo tratamiento de las unidades auxiliares, de los bienes enviados al exterior para procesamiento, o la consideración del agua como activo.

medioambientales fue la aparición del primer manual de SEEA (System of Environmental-Economic Accounts) de 1993 (SEEA93)³. En 2003, se publicaría la versión revisada (el SEEA-2003) y recientemente se ha aprobado por las Naciones Unidas el SEEA-2012.

De forma análoga a lo que sucede con las cuentas nacionales, en la Unión Europea se adaptaría el SEEA2003 configurándose el «sistema Europeo de Cuentas Ambientales» (conocido por las siglas inglesas ESEA 2008).

En lo referente específicamente a la energía, además de otros desarrollos ha sido más recientemente, al hilo del SEEA2008, cuando se ha definido un subsistema de cuentas específicas completo: las Cuentas de la Energía. Se las conoce también como NAMEA (National Accounting Matrix including Environmental Accounts)⁴ adaptadas a la Energía o NAMEA-Energy (NAMEA-E).

Hay que decir que constituyen uno de los más completos sistemas de toda la contabilidad medioambiental. Se han comenzado a elaborar recientemente en la UE, y se describen en el apartado 4 de este texto.

De forma paralela, como un camino intermedio entre los sistemas de cuentas nacionales y los medioambientales, surge una corriente de pensamiento, impulsada al más alto nivel institucional en algunos países —esencialmente Francia— y que se tradujo en un programa específico de trabajo dentro de la Unión Europea, conocido de forma resumida, como «El PIB y más allá».

El punto de partida esencial de esta tendencia es su actitud crítica hacia las mediciones convencionales de cuentas nacionales (como el PIB) porque, como se indica, no reflejan adecuadamente el bienestar de las sociedades y los individuos. Se trata, como se señala en ese programa de «desplazar el actual centro de gravedad del aparato estadístico desde la medición de la producción, hacia la medición del bienestar de la población y su sostenibilidad». Para ello se propone la revitalización de los sistemas de cuentas medioambientales y una mayor integración de los mismos con las cuentas nacionales.

3. El marco *Input/Output* (tablas de origen-destino) de las cuentas nacionales como base de las cuentas de la energía

Antes de entrar en la descripción específica de las cuentas de la energía, parece necesario comentar, aunque sea de manera muy resumida, algunas características de las tablas de origen/ destino (TOD) en el sistema de cuentas nacionales (SCN/ SEC), ya que constituyen el punto de partida para la posterior construcción de las cuentas de la energía.

Conviene además recordar que las TOD no son sino uno de los componentes del sistema *Input/Output* de las actuales metodologías de cuentas nacionales (Cañada, 2012). El sistema o marco *Input/Output* está compuesto por varios subconjuntos, que se pueden agrupar en tres principales: Tablas de origen y destino; tabla simétrica *Input/Output*; tabla sectores institucionales/ ramas de actividad. Además existen otros elementos adicionales del sistema contable pero cuya elaboración es imprescindible para poder elaborar el marco *Input/Output*: así por ejemplo, mencionemos las matrices de FBCF por rama propietaria, las tablas por ramas de los diferentes conceptos de empleo, o las matrices del gasto en consumo desagregado por productos y por funciones de consumo...

El núcleo básico, el más importante hoy en día en los sistemas contables, es el de las TOD, formadas por un conjunto de esquemas matriciales, que recogen, de forma muy detallada e interrelacionada, información correspondiente a dos aspectos del sistema económico: La producción (operación central de la economía); y los flujos de origen y uso de los productos (bienes y servicios).

Aunque en realidad las TOD en su versión completa comprenden un total de ocho tablas (Cañada, 2012) para simplificar se utiliza aquí (esquema 1), exclusivamente un esquema básico de cada una

³ En las siglas españolas: «Manual sobre contabilidad ambiental y económica integrada» (SCAEI).

⁴ La denominación NAMEA corresponde a los desarrollos que ya desde los años de 1970 se realizaban por estadísticos y contables de Holanda, país pionero en los temas de contabilidad medioambiental integrada con contabilidad nacional.

Esquema 1. Las tablas de origen/ destino: un esquema simplificado

Tabla de origen (supply)	Ramas de actividad (industrias)				TOTAL	Resto del mundo (importación)	Total oferta (recursos)
	Agricult.	Energía	Manufac-turas	Electri-cidad				Servicios
Productos	Producción por productos						
TOTAL	Producción por ramas (industrias)						

(*) Incluye transferencias, discrepancias estadísticas.

Tabla de destino (USE)	Ramas de actividad (industrias)				TOTAL	Demanda final				Total destinos (empleos)	
	Agricult.	Energía	Manufac-turas	Electri-cidad		Servicios	Gasto en consumo final hogares	GCF API ISFLSH	Formación bruta de capital fijo		Variac. stocks	Resto del mundo (exportación)
Productos	Consumo intermedio										
TOTAL											
Componentes del VAB	VAB y sus componentes										
TOTAL	Producción por ramas (industrias)										

de las dos tablas principales, la tabla de origen y la tabla de destino o uso de los productos (bienes y servicios). Para ello, se soslayan en el análisis aspectos como las valoraciones de los flujos o la diferenciación por origen de los productos en la tabla de destino, aunque después se vuelve sobre alguno de estos temas.

La tabla denominada en España tabla de «origen», en una traducción literal del inglés sería la tabla de «oferta» (supply) porque recoge efectivamente la oferta de los productos en un sistema económico, detallando sus dos componentes básicos: la producción, para la cual se especifica en la tabla no solo lo que se produce y en qué cuantía, sino también (en columnas) qué sector (en el lenguaje contable, rama de actividad o industria) lo elabora; y la importación de los diferentes productos.

La tabla de destino, o en la traducción literal del inglés tabla de «utilización» o uso (use), muestra cómo se emplea cada producto en el sistema: qué agente económico lo adquiere, ya sean establecimientos o industrias como consumo intermedio (en la primera submatriz de la tabla que especifica además qué industria lo adquiere) ya sean hogares o la administración pública (en la operación gasto en consumo final), ya sean unidades de producción como de inversión (en la formación bruta de capital fijo —FBCF—) o los residentes en otros países (en el resto del mundo) que lo adquieren como exportaciones.

Además, al añadir la variación de existencias en esta tabla, el equilibrio oferta/ demanda queda garantizado, ya que los productos que no han encontrado mercado en ese periodo, pasarán a formara parte de dichas existencias.

Dado que en la tabla de destino, junto a los consumos intermedios, se incluyen para cada rama los componentes del VAB, se registra la estructura completa de costes de las actividades y esto permite garantizar un doble equilibrio contable: por productos (filas de las TOD en la parte superior) y por industrias (columnas de las ramas).

En lo que se refiere a la energía en las TOD, sus características vienen marcadas por los convenios establecidos en la Unión Europea en cuanto por ejemplo al desglose por productos y por industrias que se ha reflejado en el cuadro 2: se toman las clasificaciones convencionales y oficiales de productos y actividades definidas en la Unión Europea (CPA y NACE respectivamente —véase Cañada, 2012—).

Cuadro 2. La energía en las cuentas nacionales; desglose de productos y ramas en las TOD (España)

<i>Productos</i>	<i>C.N.P.A.</i>	<i>Ramas de actividad</i>	<i>C.N.A.E.</i>
Antracita, hulla, lignito y turba	10	Extracción de antracita, hulla, lignito y turba	10
Petróleo crudo	111(p), 112(p)	Extrac. crudos de petróleo, gas natural, uranio y torio	11,12
Gas natural, minerales de uranio y torio	111(p), 112(p), 12		
Coque, refino de petróleo y combustible nuclear	23	Coquerías, refino y combustibles nucleares	23
Producción y distribución de electricidad	401	Producción y distribución de energía eléctrica	401
Producción y distribución de gas	402, 403	Producción y distribución de gas	40.2, 40.3

Respecto a otros elementos de las TOD que pueden tener un interés para la medición de la energía, se pueden mencionar un aspecto, que es el de las valoraciones de las operaciones económicas.

Los sistemas de cuentas nacionales y las TOD incluidas en ellos, prestan un cuidado especial a los temas de tipo de precio con el que se valoran las operaciones o variables económicas. Por poner un ejemplo, el gasto que realiza un hogar en la adquisición de un bien para el consumo, se puede valorar desde

la perspectiva del desembolso total que ha realizado el hogar cuando lo adquiere, que es el conocido como «precio de adquisición»; o se puede valorar diferenciando determinados aspectos, que nos lleven a una mejor identificación de valor del producto adquirido. Concretamente, en ese precio de adquisición, el consumidor, junto con el precio del producto «a la salida del proceso de producción», está pagando también los eventuales márgenes que carguen los distribuidores de ese producto o los impuestos que gravan el consumo (como el fundamental IVA o los impuestos especiales, en el ejemplo español).

En productos como los de la energía (especialmente en los productos petrolíferos de consumo) el peso de los intermediarios en la distribución del producto y especialmente, el peso de los impuestos que recaen sobre dicho producto, hacen que la diferencia entre el precio de fabricación o producción y el precio de adquisición sea muy relevante.

Esto tiene relevancia porque la elaboración de las Cuentas de la energía, (como en el pasado de las TIO de la energía), además de la utilidad como instrumento de medición estadística, tiene una utilidad derivada que es la posibilidad de aplicarlas para el análisis y simulación de políticas.

4. Extensiones del sistema *Input/Output* y las cuentas nacionales al campo de la energía: las cuentas de la energía (CEN)

4.1. Las cuentas de la energía: aspectos generales

En el año 2011 el INE ha publicado la Primera Cuenta de la Energía para el año 2006 (CEN06), que por su carácter todavía experimental y provisional se ha denominado Cuenta Piloto.

Esta cuenta responde a la estrategia global de la Unión europea que inició en 2008 una línea de trabajo específica que persigue la implantación y estimación de las NAMEA-E en el conjunto de los países miembros. Concebido como un proyecto de desarrollo gradual, en la primera etapa se ha acordado elaborar las «Cuentas de flujos físicos de la energía» (Physical Energy flows accounts —PEFA—) (Eurostat, 2011).

En términos sencillos, equivalen a unas TOD adaptadas a flujos y recursos de la energía y expresadas en unidades físicas cuyo contenido se resume en el esquema 2.

Como puede observarse, el diseño es una traslación de las TOD al campo de la energía, introduciendo por un lado determinados desgloses y al mismo tiempo simplificando los elementos.

Las PEFA (como el conjunto de las NAMEA-E) diferencian tres tipos de elementos: en la parte central está el elemento común con las cuentas nacionales, que son los productos (aquí exclusivamente los productos de la energía); en la parte superior aparecen los recursos naturales; y en la parte inferior, los residuos. Estos elementos suponen introducir, en el esquema original de las TOD, al medio ambiente como «oferente» de insumos al sistema económico (los recursos naturales) y como «receptor» del resultado de la actividad económica, puesto que el mismo es el «destinatario» de los «residuos» generados por esa actividad económica.

Esta concepción del medio ambiente, obliga a incluirlo también como una columna en las CEN: En la tabla de origen (o suministros) aparece como una cuasi-industria «productora» de recursos naturales; en la tabla de destino aparece como «usuario» o receptor de ese tipo de elemento especial que son los residuos.

En realidad la primera fase de elaboración de estas cuentas en la Unión Europea se ha acordado únicamente desarrollar la parte de flujos de la energía. Para ello, se han establecido que los países deberían elaborar cinco tablas básicas (para evitar confusiones se han incluido tanto la denominación original en inglés, como una traducción más o menos literal al español):

- T17-r. Oferta Bruta de Flujos Energéticos por actividades y activos —principio de residencia— (Gross supply of energy flows by activities and assets-residence principle).
- T13-r. Utilización bruta de flujos energéticos por actividades y activos —principio de residencia— (Gross use of energy flows by activities and assets-residence principle).
- T18. Utilización neta de flujos energéticos por actividades y activos —principio de residencia— (Net use of energy flows by activities and assets residence principle).

Esquema 2. Cuentas de flujos de la energía en unidades físicas:
tablas de origen y destino en unidades físicas

Tabla de origen (supply)	Industrias				Hogares	Variac. stocks (*)	Resto del mundo (Importaciones)		Medio ambiente	Total oferta
	Agricult.	Energía	Manufac- turas	Electri- cidad			Servi- cios	Bunkers			Otras impor.
Inputs (Recursos) naturales									Oferta Inputs na- turales	Total oferta I. Na- turales
Productos	Producción ptos. energía						Importación ptos. Energía			Total recursos P.Energía
Residuos	Residuos generados por las industrias (ramas de activi- dad)				Residuos ho- gares	Residuos stocks				Oferta total resi- duos
TOTAL										

Tabla de destino (USE)	Industrias				Hogares	Variac. stocks (*)	Resto del mundo (Exportaciones)		Medio ambiente	Total destinos
	Agricult.	Energía	Manufac- turas	Electri- cidad			Servi- cios	Bunkers			Otras expor.
Inputs (Recursos) naturales	Inputs naturales extraídos									Total empleos I. Naturales
Productos	Consumo intermedio p. energía				GCF Hogares		Exportación ptos. Energía			Total empleos P.Energía
Residuos	Residuos recibidos por industrias					Acumul. residuos			Residuos al me- dio ambiente	Uso total resi- duos
TOTAL										

(*) Inc. transferencias y discrepancias estadísticas.

- T11-r. Uso relevante en emisiones de flujos energéticos por actividades —principio de residencia— (Emission-relevant use of energy flows by activities-residence principle).
- T19. Matriz puente de flujos de energía desde el indicador de consumo interior bruto [estadísticas y balances de la energía] al uso neto de la energía [cuentas de la energía-principio de residencia] (Bridge Table: bridging from the GIC indicator [energy statistics/balances-territory principle) to total net use of energy (energy accounts-residence principle)).

Las tres primeras tablas se corresponden aproximadamente con las tablas del esquema 2, es decir son la adaptación de las TOD a la energía: hay dos tablas de «destino» o «utilización», en términos brutos y netos, desde la perspectiva de la energía (véase apartado 3.3). Las otras son tablas complementarias, una de interés desde una perspectiva medioambiental (usos con emisiones relevantes) y otra una tabla auxiliar para facilitar el proceso de adaptación de los criterios de registro de las operaciones (véase comentario en el apartado 4.2) de los balances a las cuentas.

En la versión realizada en España por el INE se han elaborado hasta el momento solo las dos primeras tablas: La tabla T.17r de oferta (u origen) bruta, que se ha denominado en español «Suministro bruto de productos energéticos por actividades económicas»; y la tabla T.11r de utilización bruta, que se ha denominado en español «Consumo bruto de productos energéticos por actividades económicas y categorías de consumo final».

Al centrarse aquí en los productos de la energía, se utiliza un desglose mayor que el de las TOD de la contabilidad nacional. En la versión desarrollada por el INE se considera un total de veintiséis productos, que cubren los principales tipos de energías y que corresponden a las clasificaciones de las estadísticas y balances de la energía (cuadro 3).

Cuadro 3. De las clasificaciones de los productos en las TOD a las de las CEN

<i>Tablas de origen y destino</i>		<i>Cuentas de la Energía</i>	
<i>Productos</i>	<i>C.N.P.A.</i>		
Antracita, hulla, lignito y turba	10	Hulla	1.000 t
Petróleo crudo	111(p), 112(p)	Antracita	1.000 t
Gas natural, minerales de uranio y torio	111(p), 112(p), 12	Hulla subbituminosa	1.000 t
Coque, refino de petróleo y combustible nuclear	23	Coque	1.000 t
Producción y distribución de electricidad	401	Lignito pardo	1.000 t
Producción y distribución de gas	402,403	Crudo de petróleo	1.000 t
		Materias primas refinadas	1.000 t
		Gas de refinería	1.000 t
		GLP	1.000 t
		Gasolinas	1.000 t
		Querosenos	1.000 t
		Nafta	1.000 t
		Gasóleos	1.000 t
		Fuelóleos	1.000 t
		Otros ptos. petrolíferos	1.000 t
		Gas natural	tj
		Gas de coquería	tj
		Gas de alto horno	tj
		Gas manufacturado	tj
		Energía nuclear	tj
		Energía hidráulica	gwh
		Energía eólica	gwh
		Calor solar	tj
		Madera y residuos	tj
		Energía geotermal	tj
		Energía eléctrica	gwh

4.2. Algunos aspectos metodológicos: CEN, balances energéticos y cuentas nacionales

Además de lo que se deduce de la descripción anterior en cuanto a clasificaciones y al cambio sustancial que es la introducción del medio ambiente en las TOD, existen otras diferencias metodológicas entre las CEN y los sistemas de cuentas nacionales.

Para explicarlas, hay un tema que debe mencionarse, porque condiciona fuertemente esta estructura: para llegar a las cuentas de la energía partiendo de las TOD, se ha tratado de aprovechar las estadísticas existentes en el campo de la energía y en particular una estadística derivada o de síntesis que son los balances energéticos.

Los balances energéticos constituyen una estadística con tradición e importancia en la Unión europea, que ha venido elaborándose desde hace décadas. Puesto que en ellos se compara, para los diferentes productos energéticos, la oferta con la demanda ambas diferenciadas por componentes (producción, importación (neta de exportación), consumo...) se justifica el intento de aprovechar esa información como punto de partida básico para la elaboración de las CEN: «Energy accounts supplement the balances using national accounts classifications and definitions» (Eurostat, 2011).

Entonces, se trata de ver las características de esos datos recogidos en los balances y cómo adaptarlos a la estructura de las cuentas de la energía. En el cuadro 4 se presentan las principales diferencias de

Cuadro 4. Diferencias en conceptos y términos entre las estadísticas y balances de la energía y las cuentas nacionales

	<i>Estadísticas y balances de energía</i>	<i>Cuentas nacionales</i>
Desglose de productos	Clasificación específica de la energía (AIE/Eurostat).	Clasificación específica de productos: CPA.
Concepto de «actividad»	Incluye empresas y hogares: cualquier unidad que transforma un insumo de energía en un <i>output</i> de energía (con diferente forma).	Se aplica solo a actividades económicas o agregados de establecimiento o unidades de producción.
Concepto de «final»	Último uso disponible de un tipo de energía.	Para el concepto de «demanda final» y algunos de sus componentes. Por ejemplo, el (gasto en) consumo.
Criterio de registro de las operaciones	Criterio de territorio («inland» consumption).	Criterio de residencia (flujos nacionales).
Tipo de unidades	Unidades físicas y energéticas.	Unidades monetarias.
Concepto de producción secundaria	Se aplica a la diferenciación entre energía primaria y energía secundaria.	Se aplica a la diferenciación entre producción principal y secundaria de una rama de actividad.
Significado de «bruto» y «neto»	«Neto» de pérdidas de transformación.	Aplicable a las operaciones de formación de capital o a las rentas.
Equilibrios	Oferta = Consumo.	Oferta = Empleos.
Auto-producción de energía. (Energía producida y utilizada —consumo intermedio— por un mismo establecimiento)	Se incluye toda la energía producida.	Se excluye de las cuentas y TOD.
Tratamiento de la energía utilizada por el transporte	Los consumos de carburantes por el transporte se asigna a los diferentes modos (ferrocarril, carretera, marítimo, aéreo, etc.) con independencia del sector económico en el que se encuadren.	La energía consumida se debe asignar al sector o rama de actividad al que pertenece el medio de transporte (en el caso de ser realizada como actividad secundaria, a la rama de actividad principal).

Fuente: Elaboración a partir de INE (2011) y Eurostat (2011).

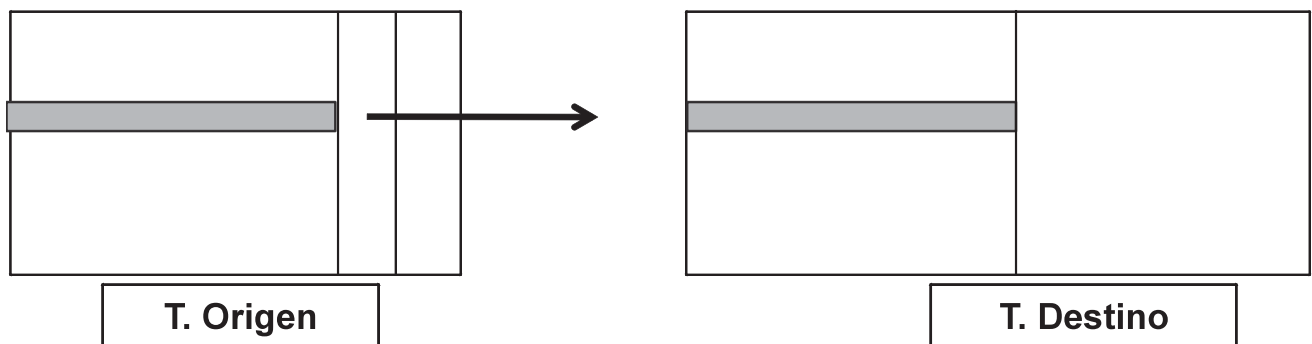
concepto y terminológicas entre los dos esquemas, estadísticas de la energía y balances por un lado, y cuentas nacionales por otro.

Existen algunos casos en que se utilizan términos similares pero con un significado diferente en los dos ámbitos: es el caso de los conceptos de «bruto y «neto», que tienen un significado claramente distinto en la contabilidad nacional (se aplican para aquellas partidas en las que se pueden valorar incluyendo —registro bruto— o excluyendo —neto— las amortizaciones o depreciación del capital⁵) y en las estadísticas de la energía (en las que se refiere simplemente a la valoración de los flujos de la energía descontadas o no las pérdidas por transformación).

Análogamente, el calificativo de «final» tiene una connotación distinta, ya que en cuentas nacionales se refiere al concepto económico de los usos «finales»⁶ de cualquier producto (entre los cuales por ejemplo se incluye el consumo «final» de los hogares) diferente del concepto de la estadística energética; también el término «secundaria» es distinto en los dos ámbitos, ya que en la estadística energética significa una energía «derivada» de otras fuentes «primarias», en tanto que en cuentas nacionales se maneja para diferenciar entre una producción que es la característica o «principal» de un establecimiento o de una industria, y el resto, que sería una producción (de importancia) secundaria.

Otra diferencia metodológica entre las TOD (cuentas nacionales) y las cuentas de la energía lo constituye el tratamiento de la energía auto-producida (producida y consumida dentro del mismo establecimiento industrial).

Esquema 3. Inclusión en las TOD de la energía auto-producida para su compatibilidad con las Cuentas de la energía



En las cuentas nacionales, esos flujos internos de los establecimientos no se registran (no solo los de la energía sino cualquier otro tipo de producción) pero sí se registran en cambio en las CEN; por tanto, para pasar de un ámbito a otro, se tendrán que introducir determinados cambios en las TOD originales (esquema 3). Por un lado, en la tabla de origen (supply) se debe añadir como una producción (secundaria) de las ramas o industrias en que se produce; por otro, en la de tabla de destino (use) como un insumo de las propias ramas que la producen.

El problema al incluir esta energía auto-producida es que se rompe la compatibilidad con las TOD monetarias y con el sistema de cuentas nacionales en su conjunto, porque esta producción habría que valorarla en unidades monetarias. De hecho, en los acuerdos provisionales que se han adoptado en la primera fase de las cuentas de la energía en Europa, se ha decidido no incluir de momento esta producción.

No obstante, en algunos casos, esa vinculación a las estadísticas y balances de la energía es más difícilmente compatible; un ejemplo es el de la utilización del término «consumo» para la denominación

⁵ Por ejemplo, todas las partidas relacionadas con operaciones de capital productivo como la formación de capital, determinadas operaciones de renta...

⁶ Que se destinan a un usuario «final»: un consumidor (hogar o administración Pública), una empresa como bien de capital o el resto del mundo (exportaciones).

de la adaptación de la tabla de destino que se hace en las CEN. Esa denominación procede de los balances energéticos, en los que las exportaciones aparecen en la parte izquierda (con signo negativo) como un componente de la oferta; de esta manera, en las utilizaciones se puede manejar la denominación de consumo, al ser el principal uso que se refleja en la demanda. Pero ello parece menos adecuado para referirse a la tabla de «usos» o destino de los productos, por cuanto además del consumo, en una tabla de destino y en las CEN se representan las otras utilizaciones de la energía, como por ejemplo las mencionadas exportaciones.

Un tema relevante al comparar los dos ámbitos, balances y TOD, es el que se refiere al tema de la residencia de los agentes económicos como criterio para el registro de las operaciones.

En efecto, uno de los esfuerzos fundamentales que han desarrollado los equipos elaboradores de la metodología de las CEN, era el definir «los ajustes a realizar para seguir el principio de residencia que rige en las Cuentas Nacionales» y que equivale a que las variables se definan bajo una perspectiva «nacional», es decir que las operaciones deben venir medidas por referencia a los residentes en un determinado país. Se señala que en las estadísticas y balances energéticos se utiliza un criterio distinto al de cuentas nacionales: el principio de territorialidad, es decir, de registrar las operaciones por referencia a un territorio en el que se producen, al margen de la residencia de los agentes económicos en dicho territorio.

Ese planteamiento ha llevado a que deberán hacerse ajustes en los datos disponibles de los balances para poder construir las CEN: «Estos ajustes suponen estimar y añadir en las cuentas de la energía la producción/el consumo energético que realizan las unidades residentes fuera del territorio y estimar y restar la producción/el consumo que realizan las unidades no residentes en el territorio nacional» (INE, 2011).

Todo ello es cierto, pero a un nivel general: muchas de las variables de cuentas nacionales, en cuanto a su cuantía total, tienen efectivamente como principio básico ese criterio de la residencia; y por razones muy obvias: por ejemplo, si en las cuentas nacionales de un país se obtiene la variable «Renta», parece evidente que ésta tenga que referirse a los residentes de un país, y así es como se define en el SCN o el SEC, como la Renta Nacional de (los residentes en) ese país. Y lo mismo sucede para otras operaciones y variables fundamentales de la contabilidad, como el (gasto en) consumo final de los hogares, cuyo total debe corresponder siempre a una visión «nacional».

Pero sucede que esto no es así en todos los casos o no lo es sin importantes matizaciones. En concreto, las cuentas de la energía parten, como se ha visto, del marco *Input/Output* y específicamente de las TOD. Y esas TOD, aunque a un nivel global se garantiza (mediante partidas de ajuste) que proporcionan agregados «nacionales», están sin embargo definidas en sus casillas o celdas concretas (en las filas por productos) en términos del «territorio» o lo que en cuentas nacionales se denomina criterio «interior»: es decir, bajo el mismo principio que los balances energéticos. Por ejemplo, la producción en unas TOD recoge la actividad de los establecimientos que operan en un territorio; lo mismo con los costes que se reflejan en la tabla de destino. Pero incluso para el consumo final de los hogares desagregado por productos, cada casilla se expresa en términos interiores, en términos del territorio.

Y por ello, la variable fundamental que se obtiene de unas TOD es el PIB, el Producto Interior Bruto de una economía. Dicho en otros términos, la recomendación que se realiza en la metodología de las CEN de adaptar las variables de los balances energéticos a ese criterio «nacional» es matizable. Por otra parte, la adaptación a los criterios de residencia resulta un tanto paradójica desde la propia lógica de aspectos del medio ambiente: se puede cuestionar a la hora de elaborar estas cuentas, si lo importante es la residencia del que genera unos residuos o el lugar donde se está generando la contaminación.

5. Otras alternativas para la medición contable de la energía: las tablas *Input/Output* de la energía

Se describe aquí de forma muy breve un instrumento ya lejano en el tiempo, antecedente de las actuales CEN que son las tablas *Input/Output* de la energía. A raíz de las crisis del petróleo de hace cuatro décadas (1974-1980) el tema de la energía se consideró entonces prioritario para los países europeos. Y

la estadística trató de responder a ese reto elaborando entre otros instrumentos, las denominadas tablas *Input/Output* de la energía (TIOEN).

Dos objetivos fundamentales de esas tablas: a corto plazo, resaltar algunos de los rasgos que habían hecho surgir las crisis energéticas, como la dependencia energética y la intensidad en el uso de la energía por industrias, etc.; a medio plazo, se utilizaron para el entonces incipiente proyecto de las tasas sobre las emisiones de residuos.

En España (INE) se elaboraron dos tablas, correspondientes a los años 1980 y 1985. De forma similar al bloque de producto o flujos de las CEN, consistían en una desagregación y adaptación de las tablas *Input/Output* de las cuentas nacionales⁷ a los productos de la energía. Concretamente se introdujeron algunos desgloses (10) sobre la clasificación original de las tablas (cuadro 5).

Cuadro 5. Las tablas Input/Output de la energía (1985): ejemplo de algunos desgloses

03	033	Lignito y briquetas de lignito	Total	0	0
			Interior	0	0
			Importado	0	0
04	050	Productos de la coquefacción	Total	0	0
			Interior	0	0
			Importado	0	0
05	071	Petróleo bruto	Total	0	0
			Interior	0	0
			Importado	0	0
	0732	G.L.P.	Total	347	0
			Interior	287	0
			Importado	60	0
	0733	Gasolinas	Total	23	26
			Interior	23	1
Importado			0	25	
0734	Naftas	Total	0	0	
		Interior	0	0	
		Importado	0	0	
		Total	105.398	1.081	
0735	Gasóleo transporte	Interior	98.515	848	
		Importado	6.883	233	
		Total	1.330	0	
0736	Gasóleo calefacción, fuel-oils	Interior	1.103	0	
		Importado	227	0	
		Total	1.992	116	
0739	Otros productos refinados	Interior	1.395	61	
		Importado	597	55	
		Total	109.090	1.223	
06	073	Producto petrolíferos refinados	Interior	101.323	910
			Importado	7.767	313
			Total	109.090	1.223

Fuente: INE.

Se partía de respetar las cifras y los equilibrios de las TIO en unidades monetarias disponibles y se transformaban en unidades de energía (se elaboraron en Tep).

⁷ Hasta el SEC93/ SEC95 en cuentas nacionales se elaboraba una única tabla *Input/Output*.

De hecho, las TIOEN contenían tanto las estimaciones en unidades energéticas (concretamente en Tep) como el valor monetario de dichos flujos. El equilibrio en unidades físicas era compatible con (partía de) el equilibrio en unidades monetarias y ello constituye una de sus principales virtudes por su importancia para desarrollar las aplicaciones que posteriormente se realizaron de dichas tablas (por ejemplo, se tomaron como base para el cálculo de la aplicación de las tasas sobre emisiones de CO₂).

Por contra, deben reconocerse determinadas limitaciones de las TIOEN, fundamentalmente su reducido nivel de desagregación para los productos energéticos, que queda muy lejos de las necesidades actuales de análisis de la energía.

6. Reflexión final: el futuro de las CEN

Las CEN piloto que han elaborado los países de la UE constituyen un valioso punto de partida para el estudio integral de la energía. Pero sería conveniente que en el futuro este instrumento se completara, tanto desde una perspectiva del medio ambiente, como desde un punto de vista contable.

En el primer caso, ya en la actual agenda del INE y de las instituciones europeas, está el desarrollo progresivo de las cuentas hasta completar el esquema NAMEA-E, para verdaderamente incluir el medio ambiente en el sistema contable de la energía; incluyendo la desagregación completa por filas y columnas que permite ver las vinculaciones con el medio ambiente. Esto supone: En el enfoque de «Filas»: además de los productos, introducir los bloques de los recursos naturales y los residuos; en el enfoque de «Columnas»: Incorporación de la columna «medio ambiente».

Por otra parte, las CEN no son todavía un sistema completo, puesto que falta la matriz de valor añadido que cierra el sistema para industrias en la tabla de destino de las cuentas nacionales. No obstante, las NAMEA-E contemplan un desarrollo completo de todo el sistema de las TOD; por ejemplo, la necesaria inclusión de las diferencias en el precio de valoración de los productos y la elaboración de matrices de márgenes de distribución y de impuestos a los productos (netos de subvenciones).

En cuanto a la revisión de aspectos contables, como se ha visto en el apartado 4, del actual diseño de las CEN parece deducirse que han sido concebidas y elaboradas básicamente desde las unidades estadísticas de cuentas de la energía y medio ambiente, con participación muy secundaria de las unidades de cuentas nacionales. Esa falta de coordinación explica sin duda determinados aspectos de las CEN, desde lo más accesorio, como son las terminologías, hasta algunos temas más de fondo (como el mencionado «criterio de residencia económica») que seguramente se habrían evitado o reducido si hubiera habido una mayor participación de las unidades de cuentas nacionales en el proceso de definición de las CEN. De esta manera, ese objetivo básico de cualquier cuenta satélite, que es la vinculación al marco de las cuentas nacionales, se conseguiría de una forma más completa.

Una última sugerencia está inspirada por los antiguos esquemas de TIO de la energía que se han comentado en el apartado 4: sin duda, que una forma de mejorar la información que proporciona una CEN sería tratar de integrarla o compatibilizarla al máximo posible con la de las TOD monetarias, obviamente salvando las diferencias metodológicas entre ambos campos. De una manera concreta, un primer paso muy valioso para los usuarios es que las CEN, aunque fuera a partir de la versión piloto actual del INE, se publicaran junto con su equivalente monetario.

Además de dotarlas de mayor consistencia, esta presentación conjunta de flujos físicos y flujos monetarios permitiría elaborar y aplicar con mayor simplicidad modelos *Input/Output*, de notable utilidad en el campo del análisis económico/medioambiental de la energía. Por mencionar solo algunas de las principales aplicaciones: impactos sobre el PIB y el empleo de los diferentes modos energéticos; análisis de precios de la energía; de efectos en variaciones y modalidades impositivas... En esos esquemas integrados deberían ser adecuadamente incorporados aspectos como por ejemplo el de valoración —mencionado en el epígrafe 4— que tan cruciales son para el sector de la energía.

7. Referencias

- CAÑADA, A. (2010): *Efectos de la capitalización del gasto en I+D en las cuentas nacionales: aproximación a una cuenta satélite de I+D para España*. ICE, 853, 2010.
- CAÑADA, A. (2012): *Cuentas nacionales. Nueva introducción práctica* (próxima publicación).
- EUROSTAT (2011): *Manual for Physical Energy Accounts (PEFA-Manual)*, 2011 (borrador).
- EUROSTAT (2012): *Sistema Europeo de Cuentas Nacionales y Regionales*, 2010 (borrador).
- INE (2011): *Cuenta satélite de la Energía de España, 2006*, Estudio piloto. INE.
- NACIONES UNIDAS (2003): *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003* (SEEA 2003).
- NACIONES UNIDAS (2010): *Sistema de Cuentas Nacionales, 2008*.
- NACIONES UNIDAS (2012): *System of Environmental-Economic Accounting. Central Framework* (pre-edited text subject to official editing).

Efectos económicos de la energía eólica en Aragón (1996-2012)

Presentado por *Blanca Simón*

Profesora titular de Economía Aplicada de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza

José Aixalá Pastó

Profesor titular de Economía Aplicada de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza

Luis Pérez y Pérez

Investigador del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA) del Gobierno de Aragón

Jaime Sanaú Villarroya

Profesor titular de Economía Aplicada de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza

1. Introducción

Con la referencia al Quijote «No son gigantes, son molinos», algunas *Aulas de Energías Renovables* explican a sus visitantes que los aerogeneradores que se divisan en las cimas de muchos montes son *gigantes* porque contribuyen positivamente a la generación de producción y empleo, a la mejora del medio ambiente y a la disminución de la dependencia energética, tal como se indica en este trabajo.

Lo cierto es que los aerogeneradores han permitido avanzar hacia un modelo energético sostenible. Así, la Agencia Internacional de la Energía, en su informe correspondiente a 2008 —véase International Energy Agency (2008)— se ocupa de la crisis del clima. Otros informes, como el de Greenpeace, consideran viable un sistema de generación completamente basado en energías renovables. El Parlamento Europeo, por su parte, ha aprobado el *Plan 20/20/20* —véase Comisión Europea (2008)— para que la Unión Europea cumpla en 2020 los compromisos de recortar en un 20% las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), mejorar la eficiencia energética en un 20% y que un 20% de la energía consumida proceda de fuentes renovables.

La energía eólica —al igual que otras energías renovables— está en la base de este cambio energético que ha llamado la atención incluso de la Administración de los Estados Unidos. En España, se ha convertido en una de las principales formas de generación eléctrica, con 21.673 MW de potencia instalada en febrero de 2012, lo que la convierte en la segunda tecnología en potencia instalada, después del ciclo combinado. En Aragón, con datos de la *Asociación de Promotores de Energía Eólica de Aragón (AEA)*, en febrero de 2012, existían 1.811 MW de energía eólica en operación, lo que supone el 8,35% de la potencia instalada en España y se prevé que la potencia instalada en la región alcance 3.107,46 MW a finales de 2012.

El objetivo central de este estudio es estimar los efectos económicos que el desarrollo del sector eólico ha tenido, tiene y tendrá en Aragón. Para ello se cuantifican tanto el impacto socioeconómico que provoca la creación y puesta en marcha de nuevos parques eólicos, como los efectos sobre la producción y el empleo de éstos una vez que entran en funcionamiento. Se utiliza el modelo de demanda de Leontief con los datos de los dos últimos marcos *Input/Output* disponibles para la economía aragonesa. El primero, el MIOA99, está referido a la estructura productiva de la economía aragonesa en 1999, fue elaborado y publicado por Ibercaja (2003) y se usa para analizar el periodo 1996-2004. El segundo,

(MIOA05), se refiere a la estructura productiva de la economía aragonesa en 2005, puede consultarse en Pérez y Pérez y Parra (2009) y se emplea para el periodo 2005-2012.

La estructura del trabajo es la siguiente. Tras esta introducción se presentan los resultados de la estimación del producto y el empleo generados en Aragón, tanto por la construcción de parques eólicos como por la generación de energía eólica. Posteriormente, se analiza la contribución de la energía eólica a la mejora medioambiental y a la disminución de la dependencia energética del exterior. Cierra el estudio un apartado en el que se incluyen las conclusiones más relevantes y algunas consideraciones finales.

2. La producción y el empleo generados en Aragón por la construcción y funcionamiento de los parques eólicos

Como se ha señalado, el objetivo central de este estudio es estimar los efectos económicos que el desarrollo del sector eólico ha tenido, tiene y tendrá en Aragón. Se pretende cuantificar tanto el impacto económico provocado por la creación y puesta en marcha de nuevos parques eólicos, como los efectos sobre la producción y el empleo una vez que entran en funcionamiento.

2.1. Efectos de la construcción de parques eólicos

Cuantificar los efectos de la construcción de parques eólicos exige, de una parte, conocer el proceso inversor llevado a cabo y, de otra, delimitar la parte de esas inversiones que puede demandarse a empresas aragonesas.

Por lo que respecta al proceso inversor, ha de precisarse que se inició de forma pionera en la década de 1980 y se realizó de forma continuada entre 1996 y 2007, observándose un salto cuantitativo en 2001, año a partir del cual se superan los 200 MW anuales de potencia instalada, tal como se recoge en el cuadro 1. Si se hubieran cumplido las previsiones para el período 2009-2012, la potencia instalada en Aragón se habría incrementado en 3.107,46 MW desde 1996.

Cuadro 1. Proceso inversor en parques eólicos en Aragón. Evolución entre 1996 y 2008 y perspectivas (2009-2012)

	Año	MW instalados	Inversión total (euros)
	1996	15,00	13.921.686
	1997	56,25	53.235.016
	1998	59,82	57.652.226
	1999	72,40	71.388.423
	2000	22,30	22.743.472
	2001	234,66	247.916.776
	2002	281,67	308.111.008
	2003	246,82	278.273.329
	2004	173,00	201.067.400
	2005	214,15	257.145.633
	2006	144,00	178.997.284
	2007	187,39	239.454.760
	2008	0,00	0
Estimaciones:	2009	200,00	270.000.000
	2010	300,00	413.100.000
	2011	450,00	632.043.000
	2012	450,00	644.683.860
	Total	3.107,46	

Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por la AEA.

A lo largo de los años analizados, la relación entre el coste de la inversión y la potencia instalada ha representado una cifra por MW que oscila entre algo más de 900.000 euros en 1996 y 1.350.000 euros en 2009.

Para cuantificar qué parte de las inversiones estimula la producción y empleo aragoneses, se ha de partir del coste de instalación de los parques eólicos, expresar los componentes en términos de productos del MIOA y, por último, determinar qué parte de dichos componentes es suministrada por empresas ubicadas en la región.

De acuerdo con la información facilitada por la AEA y sintetizada en el Cuadro 2, el aerogenerador representa aproximadamente un 75% del coste total —distribuido entre equipo eléctrico (18%), equipo mecánico (25%) y metalurgia (32%)—; el punto de conexión supone un 8% del total, mientras que el resto de la instalación alcanza el 17%, repartido entre obra civil (8%) e instalación eléctrica interna (9%). En términos del MIOA, un parque eólico requiere «Productos metálicos» (32% del coste), «Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos» (25%), «Maquinaria y material eléctrico» (35%) y «Productos de la construcción» (8%).

Para aproximar la parte del gasto en inversión que se satisface con producción aragonesa puede acudirse a la legislación vigente en Aragón, concretada en la figura del *Plan Eólico Estratégico*, común a las empresas del sector. No obstante, ha de reconocerse que las autorizaciones de los planes eólicos estratégicos difieren entre empresas, dado que en ocasiones se vinculan a actuaciones industriales en el sector eólico e, incluso, en otros sectores productivos. Analizados los diferentes porcentajes establecidos en una muestra de autorizaciones facilitada por la AEA, en este trabajo se ha optado por suponer que las empresas domiciliadas en la región suministran en promedio un 60% del valor de los componentes del parque. Se trata de una media ponderada de los porcentajes de las cuatro ramas de productos señaladas, que en los casos de «Maquinaria y material eléctrico» y «Productos de la construcción» representan entre el 75 y el 80% de los bienes demandados para la instalación del parque eólico y, en cambio, en los casos de «Productos metálicos» y «Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos», significan algo menos del 50% de los componentes requeridos.

En consecuencia, y tal como consta en el cuadro 2, en este trabajo se ha supuesto que por cada 100 euros invertidos en la construcción de un parque, las empresas aragonesas de la rama de actividad «Productos metálicos» suministran bienes por importe de 15,3 euros; las de «Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos» por valor de 11,9 euros; las «Maquinaria y material eléctrico» por cuantía de 26,4 euros y las de «Productos de construcción» por un montante de 6,4 euros.

Los resultados —sintetizados en el cuadro 3— muestran que el arrastre del gasto de inversión (demanda indirecta) se sitúa en promedio en torno al 28,5% de la demanda directa. Dicho promedio es la síntesis de una capacidad de arrastre ligeramente superior cuando se trabaja con la estructura productiva del MIOA99 (28,6%), frente a un 28,2% que se deriva del MIOA05¹.

Esta capacidad supone que, en el conjunto del período 1996-2007, el volumen de inversión en componentes de parques eólicos demandado en Aragón, 1.383 millones de euros constantes de 2009, produjo un impacto total sobre el conjunto de ramas de actividad de la economía aragonesa en torno a los 1.777 millones de euros de dicho ejercicio.

¹ Este efecto de arrastre ha sido medido a través de la matriz de coeficientes de los *inputs* regionales, que recoge únicamente el efecto sobre la economía aragonesa. Utilizando la matriz de coeficientes de los *inputs* totales se obtendría el efecto de arrastre generado fuera de Aragón como consecuencia de la inversión en parques eólicos instalados en la Comunidad Autónoma. Este efecto de arrastre sobre otras economías, unido al 40% inicial de inversión demandada fuera de Aragón, tal como se desprendía de las cifras del cuadro 2, produce sobre la economía aragonesa un segundo efecto de arrastre que, aunque de difícil medición, habría que adicionar al 28,5% mencionado.

Cuadro 2. Coste de instalación de un parque eólico (en porcentaje)

Aerogenerador	75
Equipo eléctrico	18
Equipo mecánico	25
Metalurgia	32
Punto de conexión (interconexión)	8
Resto de instalación	17
Obra civil	8
Instalación eléctrica interna	9
Total	100
Coste por ramas de productos del MIOA	
Productos metálicos	32
Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos	25
Maquinaria y material eléctrico	35
Productos de la construcción	8
Total	100
Producción demandada a empresas aragonesas	
Productos metálicos	15,3
Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos	11,9
Maquinaria y material eléctrico	26,4
Productos de la construcción	6,4
Total	60,0

Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por la AEA.

Cuadro 3. Resumen de los impactos de las inversiones en parques eólicos sobre la producción aragonesa

Año	Demanda de producción aragonesa (euros corrientes)			Demanda de producción aragonesa (euros de 2009)		
	Directa	Indirecta	Total	Directa	Indirecta	Total
1996	8.353.012	2.389.779	10.742.791	12.150.000	3.476.090	15.626.090
1997	31.941.010	9.138.257	41.079.267	45.562.500	13.035.337	58.597.837
1998	34.591.336	9.896.510	44.487.845	48.454.200	13.862.647	62.316.847
1999	42.833.054	12.254.448	55.087.502	58.644.000	16.777.927	75.421.927
2000	13.646.083	3.904.116	17.550.199	18.063.000	5.167.787	23.230.787
2001	148.750.066	42.557.087	191.307.152	190.074.600	54.379.951	244.454.551
2002	184.866.605	52.889.954	237.756.559	228.152.700	65.274.017	293.426.717
2003	166.963.997	47.768.055	214.732.053	199.924.200	57.197.901	257.122.101
2004	120.640.440	34.514.981	155.155.421	140.130.000	40.090.904	180.220.904
2005	155.299.268	43.507.606	199.092.217	173.461.500	48.914.529	222.376.029
2006	108.758.904	30.285.341	139.427.903	116.640.000	32.891.395	149.531.395
2007	147.332.767	40.514.409	188.879.237	151.785.900	42.802.212	194.588.112
Total				1.383.042.600	393.870.697	1.776.913.297
2009	162.000.000	45.682.493	207.682.493	162.000.000	45.682.493	207.682.493
2010	247.860.000	69.894.214	317.754.214	243.000.000	68.523.739	311.523.739
2011	379.225.800	106.938.148	486.163.948	364.500.000	102.785.609	467.285.609
2012	386.810.316	109.076.911	495.887.227	364.500.000	102.785.609	467.285.609
Total				1.134.000.000	319.777.450	1.453.777.450

Fuente: Elaboración propia a partir del MIOA99 y MIOA05.

Si se hubieran cumplido las previsiones para el período 2009-2012 (en 2008 no se puso en marcha ningún MW nuevo de potencia eólica en la región), el volumen de inversión en parques eólicos que se demandaría en Aragón, 1.134 millones de euros, produciría un impacto total sobre el conjunto de ramas de actividad de la economía aragonesa en torno a los 1.454 millones de euros.

Al analizar las ramas de actividad productivas más requeridas con la estructura del MIOA99, además de las directamente relacionadas con la construcción de parques anteriormente detalladas destacan, «Otros servicios empresariales», «Servicios de transporte por carretera», «Servicios de intermediación financiera», «Productos Metalúrgicos» y «Energía eléctrica», entre las ramas más relevantes. Cuando se trabaja con el MIOA05, se mantienen dichas ramas, a excepción de «Servicios de intermediación financiera», que pierde su protagonismo.

El modelo de demanda del MIO permite, asimismo, evaluar el impacto de la inversión eólica sobre el empleo regional. Con el fin de estimar dicho impacto, se ha calculado para cada una de las 68 ramas de productos del MIOA la relación entre la producción total y el número de empleos. El cociente resultante se ha aplicado a la producción obtenida en el cuadro 3 para las distintas ramas a lo largo de los años estudiados. Los resultados, incluidos en los cuadros 4 y 5 y en el gráfico 1, indican que la generación de empleo ha sido importante a lo largo del período, aumentando de forma notable a partir del 2001 por el mayor esfuerzo inversor realizado. A lo largo del período 1996-2007, se generaron, en promedio, unos 1.183 empleos anuales (no acumulativos) y, si se hubieran cumplido las previsiones de instalación

Cuadro 4. Impacto de las inversiones en parques eólicos en el empleo aragonés

Sectores	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Agricultura	0	0	0	0	0	1	2	2	1	9	6	8
Energía	0	2	2	2	1	6	8	7	5	5	3	4
Industria	96	362	384	465	143	1.508	1.810	1.586	1.112	1.042	700	912
Construcción	15	58	61	74	23	241	290	254	178	163	110	143
Servicios	21	79	84	102	31	330	396	347	243	299	201	262
Total	133	500	532	644	198	2.087	2.505	2.195	1.538	1.518	1.021	1.329

Promemoria:

Empleo por 100 MW con MIOA99: 889

Empleo por 100 MW con MIOA05: 709

Fuente: Elaboración propia a partir del MIOA99 y MIOA05.

Cuadro 5. Impacto de las inversiones previstas en parques eólicos en el empleo aragonés (estimaciones)

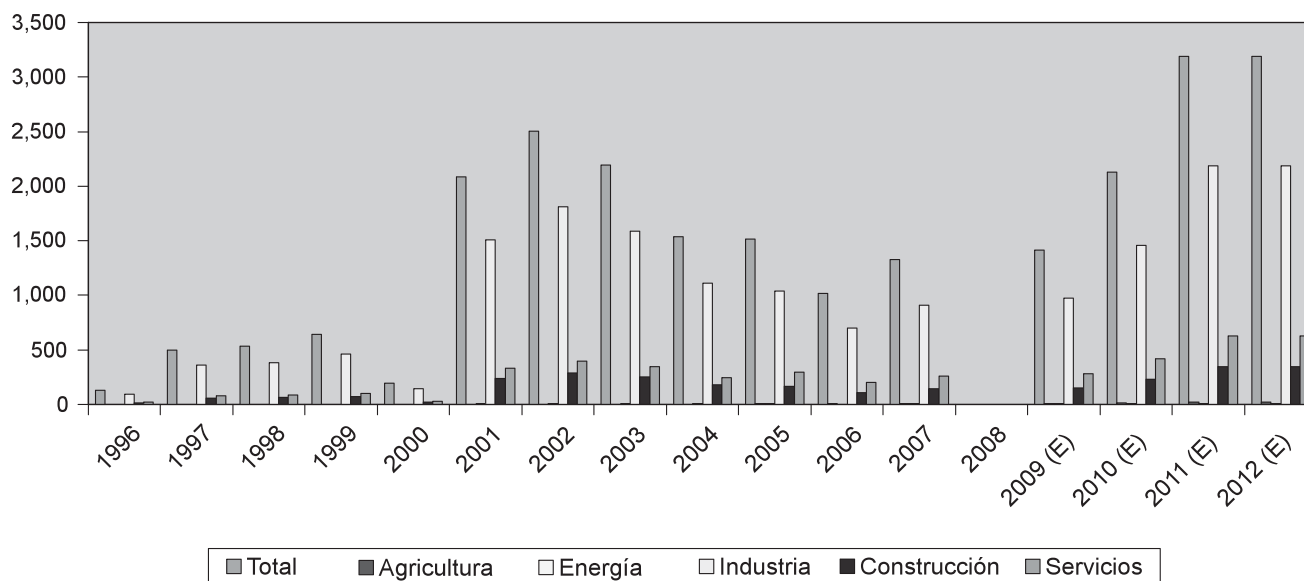
Sectores	2009E	2010E	2011E	2012E
Agricultura	9	13	19	19
Energía	5	7	11	11
Industria	973	1.459	2.189	2.189
Construcción	153	229	343	343
Servicios	279	419	628	628
Total	1.418	2.127	3.190	3.190

Promemoria:

Empleo por 100 MW: 709

Fuente: Elaboración propia a partir del MIOA05.

Gráfico 1. Impacto de las inversiones en parques eólicos en el empleo aragonés



Fuente: Cuadros 4 y 5 y elaboración propia.

de parques eólicos, durante el período 2009-2012, se generarían en torno a 2.481 empleos anuales (no acumulativos), la gran mayoría de ellos en el sector industrial².

En términos relativos, por cada 100 MW de potencia eólica instalada en Aragón se generaron alrededor de 890 empleos directos e indirectos cuando se trabaja con la estructura productiva derivada del MIOA99 (modelo utilizado en el periodo 1996-2004), mientras que si aplicamos el MIOA05 (utilizado desde 2005 hasta 2007 y para las previsiones futuras desde 2009 hasta 2012) se crearon alrededor de 710 empleos por cada 100 MW.

Comparando la inversión eólica en Aragón con algunas macro magnitudes regionales, se obtiene una buena aproximación de su importancia relativa. Conviene señalar al respecto que la inversión en parques eólicos en los años de mayor esfuerzo inversor (2001-2003) sobrepasó los 500 millones de euros corrientes. Este volumen de inversión, que resultó de una instalación promedio de 254 MW anuales en el período 2001-2003, contribuyó, como puede apreciarse en el cuadro 6, a una generación de VAB regional del 0,81% y a un 3,65% del VAB industrial aragonés. Esta contribución superó el VAB de algunos sectores concretos de la economía aragonesa, en concreto los que la Contabilidad Regional identifica como «Industria de la madera y del corcho» (con un VAB que representa el 0,40% sobre el VAB regional y el 1,78% sobre el VAB industrial aragonés para el conjunto de período 2001-2003) e «Industria del caucho y materias plásticas» (con un VAB que representa el 0,72% sobre el VAB regional y el 3,21% sobre el VAB industrial aragonés para el citado período). Ello significa que, si se hubieran cumplido las previsiones de inversión eólica hasta el año 2012, lo que hubiera supuesto una instalación media de 350 MW hasta ese año, el impacto sobre la economía aragonesa sería claramente superior al señalado para el período 2001-2003 de máxima inversión hasta el momento.

A su vez, el empleo generado por la construcción de parques representó, en los años de mayor inversión, hasta el 0,4% del empleo aragonés y el 1,9% del empleo industrial, como puede observarse en el cuadro 6 y en el gráfico 2.

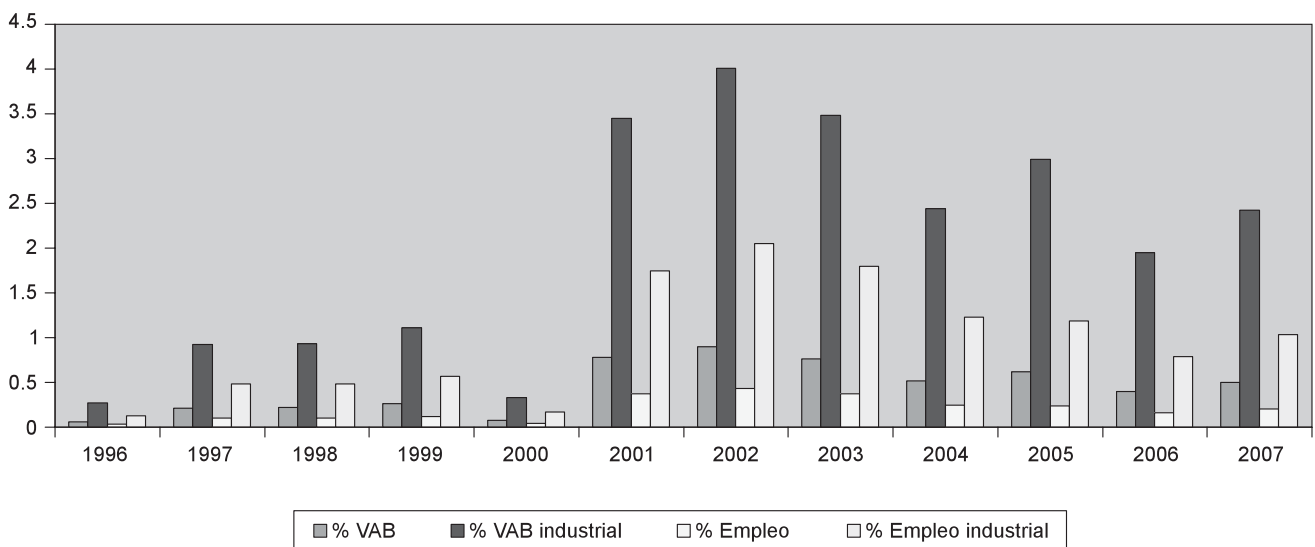
² Adviértase que estas estimaciones implican que la productividad del factor trabajo se mantiene constante en todos los sectores a lo largo de los años estudiados para cada uno de los MIOA. Si se supone que la productividad varía a lo largo de estos años, las cifras de empleo estimadas se alterarán de forma proporcional a tales modificaciones.

Cuadro 6. Comparación de las inversiones en parques eólicos en Aragón con las macro magnitudes aragonesas (porcentajes)

	VAB	VAB industrial	Empleo	Empleo industrial
1996	0,06	0,27	0,03	0,13
1997	0,21	0,92	0,10	0,48
1998	0,22	0,93	0,10	0,48
1999	0,26	1,11	0,12	0,57
2000	0,08	0,33	0,04	0,17
2001	0,78	3,45	0,37	1,75
2002	0,90	4,01	0,43	2,05
2003	0,76	3,48	0,37	1,80
2004	0,52	2,44	0,25	1,23
2005	0,62	2,99	0,24	1,19
2006	0,40	1,95	0,16	0,79
2007	0,50	2,42	0,20	1,03

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Gráfico 2. Comparación de las inversiones en parques eólicos en Aragón con las macro magnitudes aragonesas



Fuente: Cuadro 6 y elaboración propia.

2.2. Efectos del funcionamiento de parques eólicos

El MIOA también puede emplearse para cuantificar el efecto de la actividad generadora de energía eléctrica sobre la producción y empleo aragoneses, una vez que los parques eólicos entran en funcionamiento. Para aproximar estos efectos, se ha partido de las Cuentas de Pérdidas y Ganancias correspondientes al ejercicio 2007 (último disponible en el momento de elaborar este estudio) de un conjunto de empresas eólicas domiciliadas en Aragón y que eran titulares de 458 aerogeneradores, con una potencia instalada de 340,5 MW³. Del análisis de las mencionadas cuentas en el año 2007, los consumos de productos de estas doce empresas representaron 42.141 euros (a precios básicos) por MW de potencia

³ Sus Cuentas de Pérdidas y Ganancias están disponibles en la base de datos Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI).

instalada. Dado que la potencia total instalada en Aragón en dicho ejercicio ascendía a 1.713,3 MW, la demanda de consumos intermedios de las empresas eólicas puede razonablemente cifrarse en 72,2 millones de euros (a precios básicos) en el citado año.

Cuantificados los consumos intermedios, ha de concretarse en qué medida se distribuyen entre las distintas ramas o sectores y determinar qué porcentaje de esos consumos se satisface con producción aragonesa. Para la primera tarea se siguió el criterio de Aixalá, Sanaú y Simón (2003a, 2003b), es decir, se consideró una ponderación similar a la que se emplea en el MIOA05 para el sector «Producción y distribución de energía eléctrica» (rama 6), aunque modificada para tener en cuenta la especificidad de la energía eólica.

La segunda tarea es, en cambio, ardua porque no se dispuso de información pormenorizada y es conocido que las empresas aragonesas pueden beneficiarse de esta demanda inducida por las empresas generadoras de energía eólica bien por ser proveedoras o por participar en uniones temporales de empresas (UTE) que sean proveedoras, bien por actuar como subcontratistas o simplemente por suministrar *inputs* intermedios o/y factores productivos a las empresas anteriores. Ante la ausencia de información precisa, se utilizó el porcentaje que se deduce de la Tabla Simétrica del MIOA05 para «Producción y distribución de energía eléctrica» (73,8%), criterio que, además, siguen estudios como el del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (2005) o Serrano Sanz *et al.* (2009).

Con estos supuestos, la demanda de *inputs* intermedios satisfecha por empresas aragonesas se aproximó en 2007 a los 42,5 millones de euros (a precios de adquisición del año 2009), según se recoge en el cuadro 7.

Cuadro 7. Efectos de la generación de energía eólica sobre la demanda aragonesa (euros, precios de adquisición de 2009)

Sectores	Directo	Indirecto	Total
Agricultura	2.143.451	1.901.913	4.045.364
Energía	1.613.251	1.643.256	3.256.507
Industria	12.719.323	4.659.729	17.379.052
Construcción	1.629.476	1.440.729	3.070.205
Servicios	24.345.552	11.563.520	35.909.072
Total	42.451.053	21.209.148	63.660.201

Fuente: Elaboración propia a partir del MIOA05.

Al aplicar dicha demanda al conjunto de las ramas del MIOA —para evaluar el arrastre que la demanda de consumos intermedios produce sobre la economía regional—, se concluyó que la producción se incrementa hasta alcanzar los 63,7 millones de euros. Por tanto, el efecto de arrastre alcanza un 50% de la demanda original de *inputs* intermedios, porcentaje superior al estimado para la inversión en parques eólicos. Para disponer de una medida estándar, por cada 1.000 MW instalados se requieren 37 millones de euros (precios de adquisición de 2009) de producción aragonesa.

Este incremento de la producción total significa la creación o mantenimiento del empleo en la economía aragonesa. Para su cuantificación se utilizaron los coeficientes directos de empleo derivados del modelo de demanda, concluyéndose que la producción eólica de Aragón generaba o mantenía 857 puestos de trabajo (en 2007). Su distribución sectorial figura en el cuadro 8, donde se observa que la mayoría de ellos correspondían al sector servicios. De esta forma, por cada 1.000 MW de potencia instalada en funcionamiento se crean/mantienen 500 empleos.

Teniendo en cuenta que al final del proceso inversor analizado, es decir, a partir de 2013, la potencia eólica instalada en Aragón —de acuerdo a las previsiones consideradas— se situará en torno a los 3.123,3 MW, el producto generado en Aragón como consecuencia de los consumos intermedios del conjunto de empresas productoras será —una vez computado el correspondiente coeficiente de arras-

Cuadro 8. Efectos de la generación de energía eólica sobre el empleo aragonés

Sectores	Empleos	Empleo por cada 1.000 MW
Agricultura	42	24
Energía	30	18
Industria	91	53
Construcción	23	13
Servicios	671	392
Total incremento en Aragón	857	500

Fuente: Elaboración propia a partir del MIOA05.

tre— 116,1 millones de euros anuales (medidos a precios de adquisición de 2009). En cuanto al empleo, suponiendo que se mantenga la productividad aparente del factor trabajo, ese volumen de producto permitirá crear o mantener el equivalente a 1.563 puestos de trabajo.

El cuadro 9 y el gráfico 3 acumulan para el año 2007 la suma de los efectos de la inversión en parques eólicos y la generación de energía eólica, con el único propósito de relacionarlos con las macro magnitudes regionales. Puede observarse cómo la suma de ambos representó el 0,85% del VAB aragonés y el 0,33% del empleo. Si se comparan con el VAB y el empleo industriales, significaban el 4,13% y el 1,69% de los mismos, respectivamente. El impacto total en el año 2007 superó el VAB de sectores como «Madera y corcho», «Industria textil, confección, cuero y calzado» y «Caucho y materias plásticas».

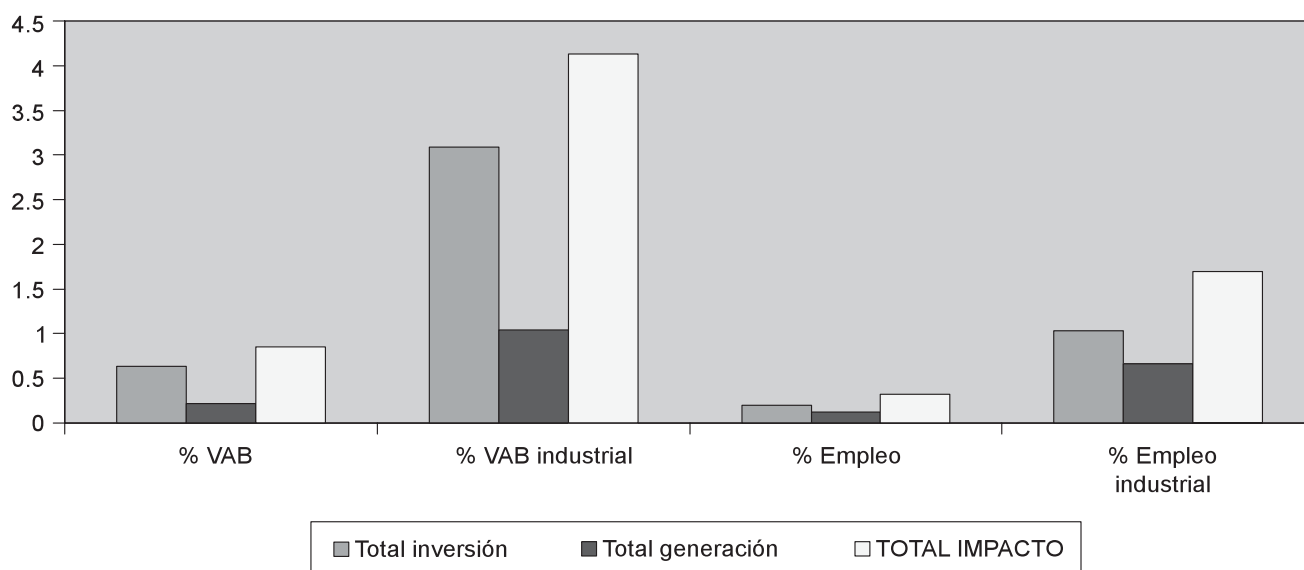
Cuadro 9. Comparación de los efectos totales (directos e indirectos) de las inversiones en parques eólicos así como la generación de energía eólica con las macro magnitudes aragonesas (en porcentajes). Año 2007

Efectos	VAB	VAB industrial	Empleo	Empleo industrial
Inversión (demanda directa)	0,50	2,42		
Inversión (demanda indirecta)	0,14	0,66		
Total inversión	0,64	3,08	0,20	1,03
Generación (demanda directa)	0,14	0,70		
Generación (demanda indirecta)	0,07	0,35		
Total generación	0,22	1,04	0,13	0,66
Total impacto	0,85	4,13	0,33	1,69

Fuente: Elaboración propia.

Para aproximar la contribución al producto regional de la actividad generadora de energía eólica, debería añadirse al efecto de arrastre calculado, el VAB generado por las propias empresas, que para el año 2007 se puede estimar en torno a 253,6 millones de euros del año 2009 (para los 1.713,3 MW instalados). Ha de precisarse que este volumen de VAB se destina a dotar fondos de amortización para la reposición de los equipos productivos, a la remuneración del trabajo y el capital ajeno, a la remuneración del capital propio y al pago de otros impuestos indirectos. La parte dedicada a la dotación de fondos de amortización supone el mayor porcentaje de dicho VAB, lo cual garantiza la reposición futura de los aerogeneradores y del conjunto de los componentes de un parque eólico y, por tanto, una repetición del proceso inversor cuando a los veinte años aproximadamente acabe la vida útil de los mismos o sufran un proceso de obsolescencia que obligue a su renovación.

Gráfico 3. Comparación de los efectos totales (directos e indirectos) de las inversiones en parques eólicos así como la generación de energía eólica con las macro magnitudes aragonesas (en porcentajes). Año 2007



Fuente: Elaboración propia.

3. Contribución de la energía eólica a la mejora medioambiental y a la reducción de la dependencia energética

La energía eólica es una fuente de electricidad limpia con importantes ventajas —y también algunas desventajas— ambientales, sociales y territoriales, por lo que el balance resulta mucho más favorable que el de las energías tradicionales que emplean combustibles fósiles o radiactivos.

A diferencia de los sistemas de generación tradicionales, la energía eólica no genera residuos peligrosos radiactivos ni vierte a la atmósfera dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NOx) o partículas sólidas.

Extrapolando los parámetros resultantes del trabajo de Deloitte (2008) a la estructura productiva del sector eólico en Aragón, se pueden estimar las emisiones a la atmósfera evitadas. Tal como figura en el cuadro 10, para el año 2008, se situaban en 2,8 millones de toneladas de CO₂, 5.281 toneladas de SO₂ y 3.514 toneladas de NOx.

Cuadro 10. Emisiones evitadas en Aragón debidas a la producción eólica (toneladas métricas).

Año	Potencia (MW)	Producción (MWh)	CO ₂	SO ₂	NOx
2003	995	2.008.412	1.336.496	2.513	1.672
2004	1.168	2.655.865	1.767.343	3.323	2.211
2005	1.382	3.342.510	2.224.270	4.182	2.783
2006	1.526	3.406.712	2.266.993	4.263	2.837
2007	1.701	4.190.953	2.788.866	5.244	3.490
2008	1.713	4.220.519	2.808.540	5.281	3.514

Fuente: Deloitte (2008) y elaboración propia.

Si se tiene en cuenta que a finales de dicho año, el precio de derecho de emisión por tonelada de CO₂ alcanzó los 32,4 euros, el coste evitado en Aragón por la generación eólica en utilización de derechos se situó en los 90,9 millones de euros.

Adicionalmente, la producción de energía eólica contribuye de manera significativa a evitar importaciones de combustibles fósiles. Con los parámetros utilizados en Deloitte (2008), los 4,2 GWh de producción eólica regional en 2008 evitaron la importación de 844.104 tep lo que supuso un ahorro de 130,4 millones de euros, tal como se recoge en el cuadro 11.

Cuadro 11. Impacto sobre la dependencia energética en Aragón derivada de la producción eólica (2008)

	Carbón	Fuel-Gas	Ciclo comb.	Total
Producción sustituida (MWh)	1.999.694	287.344	1.933.480	4.220.519
Importaciones evitadas (TEP)	467.528	48.732	327.843	844.104
Ahorro en importaciones (€)	72.254.350	7.531.373	50.666.676	130.452.399

Fuente: Deloitte (2008) y elaboración propia.

4. Consideraciones finales

En el conjunto del período 1996-2007, la parte de parques eólicos demandada en Aragón (1.383 millones de euros constantes de 2009) ha ejercido un impacto total sobre el conjunto de la economía aragonesa, que puede cifrarse en 1.777 millones de euros constantes de 2009. Si se hubieran cumplido las previsiones para el período 2009-2012, el volumen de inversión de los distintos componentes de un parque eólico que se demandarían en Aragón (1.134 millones de euros constantes de 2009) habrían elevado la demanda regional en unos 1.454 millones de euros (del año 2009).

Al analizar las ramas más requeridas con la estructura productiva MIOA99, además de las directamente relacionadas con la construcción de parques —«Productos metálicos», «Maquinaria, equipo mecánico y aparatos domésticos», «Maquinaria y material eléctrico» y «Productos de la construcción»— destacan «Otros servicios empresariales», «Servicios de transporte por carretera», «Servicios de intermediación financiera», «Productos Metalúrgicos» y «Energía eléctrica». Cuando se trabaja con el MIOA05, se mantienen tales ramas, si bien «Servicios de intermediación financiera» pierde protagonismo.

El volumen de empleo total generado por la inversión en parques eólicos para el conjunto del período 1996-2007 ha sido, en promedio, de unos 1.183 puestos de trabajo anuales (no acumulativos), y para el período 2009-2012, si se hubieran cumplido las previsiones, sería de 2.481 empleos anuales.

La generación de energía eléctrica por parte de las empresas eólicas, derivada de un aumento de la demanda final, genera anualmente una demanda regional que supera los 63,6 millones de euros, es decir, algo más de 37 millones de euros por cada 1.000 MW instalados (precios de adquisición de 2009). Adicionalmente, por cada 1.000 MW de potencia instalada en funcionamiento se mantienen unos 500 empleos en la Comunidad Autónoma.

En cuanto al impacto medioambiental, el coste evitado en Aragón por la generación eólica en utilización de derechos se situó en los 90,9 millones de euros en 2008. Adicionalmente, la producción eólica regional en dicho ejercicio evitó la importación de 844.104 tep y supuso un ahorro de 130,4 millones de euros.

El hecho de que la inversión en parques eólicos aparezca con elevado protagonismo en los efectos de arrastre sobre el producto y el empleo regionales, debe llevar a la reflexión de que si el proceso inversor se frenase, la economía aragonesa se resentiría de esa falta de demanda de las empresas proveedoras y el conjunto de la economía regional a través de la capacidad de arrastre. Podría incluso darse un efecto de deslocalización de empresas, que se ubicarían en otras Comunidades Autónomas o países que desearan invertir en parques eólicos, dado que para la instalación de éstos suele exigirse que una parte importante de la inversión se demande a empresas autóctonas.

Es necesario recordar, en este contexto, que la región aragonesa, debido a su ubicación en términos de características eólicas (corrientes de viento), mantiene todavía potencial de producción de ener-

gía eólica. La necesidad de mantener el citado proceso inversor resulta especialmente importante en un momento en el que la crisis económica ha erosionado la estructura industrial y que la incipiente recuperación económica mundial deberá buscar procesos productivos más limpios y más respetuosos con el medio ambiente.

La inversión en energía eólica no tiene solamente efectos de arrastre sobre la actividad empresarial en Aragón sino que, a través del pago del «Impuesto de Actividades Económicas» (IAE), produce un efecto notable sobre los presupuestos de los municipios en los que se ubican los parques eólicos y, adicionalmente, a través del canon por arrendamiento de terrenos, eleva las rentas, tanto privadas como públicas, de tales municipios.

El pago de los tributos locales por el arrendamiento de terrenos públicos y privados (1,99 euros por MWh y año, es decir algo más de 8,3 millones de euros, según las citadas empresas), en la medida en que contribuyen a los ingresos públicos de los Ayuntamientos, permitirán el relanzamiento de las obras públicas y actuaciones de tipo social y cultural que, a la larga, incrementarán el bienestar y el capital humano de sus ciudadanos. Asimismo, los ingresos privados derivados del alquiler de terrenos supondrán, bien un sostenimiento de las rentas agrarias favoreciendo la fijación en el territorio de una población agrícola que, de otra forma, tal vez hubiera optado por la emigración, o bien una mejora de la calidad de vida para los propietarios arrendadores. En todo caso, y al igual que sucede con el proceso inversor, existen efectos de arrastre de origen local, que repercuten de forma positiva sobre el conjunto de la actividad económica y el empleo de los municipios y que extienden su influencia al conjunto de la economía regional.

5. Referencias

- AIXALÁ, J.; SANAÚ, J. y SIMÓN, B. (2003a): *La energía eólica en Aragón. Impacto socioeconómico*, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- AIXALÁ, J.; SANAÚ, J. y SIMÓN, B. (2003b): «El desarrollo de la energía eólica en Aragón: estimación de los efectos en la producción y empleo regionales», *Economía aragonesa*, 22, pp. 45-80.
- COMISIÓN EUROPEA (2008): *Second Strategic Energy Review* (disponible en http://ec.europa.eu/energy/strategies/2008/doc/2008_11_ser2/strategic_energy_review_memo.pdf).
- DELOITTE (2008): *Estudio macroeconómico del impacto del sector eólico en España*. Madrid (Mimeo).
- IBERCAJA (2003): *Estructura productiva de la economía aragonesa. Marco Input/Output en Aragón 1999*, IberCaja, Zaragoza.
- INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS (2005): *Impacto económico y análisis coste-beneficio de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia*, IVIE: Mimeo.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2008): *World Energy Outlook 2008*. OECD/IEA, OECD, Paris.
- PÉREZ Y PÉREZ, L. y PARRA, F. (2009): *Estructura productiva y actualización del marco Input/Output de Aragón 2005*. FUNDEAR-CESA, Zaragoza.
- RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (REE) (2008): *El sistema eléctrico español. Avance del informe 2008* (disponible en http://www.ree.es/sistema_electrico/pdf/infosis/Avance_REE_2008_v3.pdf).
- SERRANO SANZ, J.M.; GÓMEZ LOSCOS, A.; PÉREZ Y PÉREZ, L.; SANAÚ VILLARROYA, J. y SANZ VILLARROYA, I. (2009): *Los efectos económicos de la Expo Zaragoza 2008*. Zaragoza: Fundear-Ayuntamiento de Zaragoza.
- SISTEMA DE ANÁLISIS DE BALANCES IBÉRICOS (SABI): disponible en <http://www.sabi.bvdep.com/version-200936/cgi/template.dll?product=27&user=ipaddress>.

Socio economic impact assessment of future CSP (Concentrating Solar Power) deployment in Spain using an extended social accounting matrix

Presentado por *Ángeles Cámara Sánchez*
Profesora titular de la Universidad Rey Juan Carlos

Natalia Caldés Gómez
Investigadora en la Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos del CIEMAT

Mónica Flores García
Profesora de Organización de Empresas de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

Patricia Fuentes Saguar
Profesora Contratada-Doctora del Departamento de Economía de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

Marta Santamaría Belda
Investigadora en la Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos del CIEMAT

1. Introduction

During the next decades, solar energy is likely to be one of the most promising sources of clean energy. This fact is especially relevant for some countries like Spain, where solar radiation is high and solar electricity generation potential is remarkable. At present, there are several solar thermal power technologies (parabolic trough, central tower, parabolic dish and linear Fresnel) and despite the fact that their commercial stage has recently started, their future potential decline in costs and technological advances are striking, as it has been highlighted in the International Energy Agency Concentrating Solar Power (CSP) roadmap (IEA (2010)).

CSP electricity generation cost is far from being competitive in the current power market. However, no one doubts that compared to fossil fuel technologies, renewable energies technologies—and CSP is not the exception—, bring various benefits to society that policy makers must take into account. One way to internalize their positive externalities and make renewable energy technologies more competitive in the power market is to put in place renewables support policies (for example, subsidies). Given the current scarcity of public money, an integrated impact assessment of these renewable technologies is necessary to analyse whether the public budgetary resources spent in subsidising the cost of renewable technologies are justified in terms of social welfare, considering not only their environmental benefits but also their contribution to increasing GDP and employment, reduction in foreign dependency as well as other impacts such as grid stability.

In this context, the work presented here represents one step forward towards conducting a CSP integrated assessment since it looks at socio-economic impacts associated with the deployment of solar thermoelectrical technologies according to the recently published Spanish Renewable Energy Plan —PER, from the Spanish Plan de Energías Renovables— (2010-2020). From a policy maker point of view, finding out what is the impact that any given project or plan will have on employment as well as economic stimulation is very relevant and even more during the current financial crisis.

With regards to the socio-economic impact assessment, and as Kulisic *et al.* (2007) noted, most of renewable energy feasibility studies accounts, at the most, for direct effects, underestimating social gain in terms of income and job creation. In the present work, in order to account for such impacts, a Spanish Social Accounting Matrix for the year 2008¹, with six renewable energy accounts—one of them specific to CSP—, has been created in order to construct a multisectorial model to analyse the effects that investments required to meet the CSP PER 2011-2020 objectives would cause on the Spanish economy as well as on the employment.

The paper is structured in the following way: after this brief introduction, in the next section, a general overview of CSP past, present and possible future deployment in Spain will be presented. The following sections, 3 and 4, will focus in the methodological details, and the scenario that will be analysed in the CSP impact assessments. In the section 5, results from the socio-economic assessment are shown. Finally, the last section will present the overall conclusions derived from the two assessments as well as present further lines of research that arise from this work.

2. CSP past, current and future deployment in Spain

With more than 600 MW of installed capacity by 2010, Spain is considered worldwide as the CSP technologies deployment Mecca. Partly due to past and current favourable Spanish regulatory scheme as well as due to optimum climatic conditions, a remarkable promotion of the solar thermal industrial activity has taken place in Spain. As stated by the Royal Decree (RD 661/2007), a 0,27 €/KWh fare² for the electricity generated by solar thermal technologies, added to the possibility to construct mixed plants with gas (between 12% to 15% to compensate for any heat losses during the process), has generated a great interest for solar concentration technologies among investors and the Spanish industrial sector. Since the construction of the first CSP plant in 2006, a rapid increase of projects has taken place. As a result of it, by the end of 2010 total installed capacity reached 632 MW, most of them parabolic trough (95%) but also some central receiver plants. Moreover, the recently approved Spanish Renewable Energy Plan 2011-2020 considers a solar thermal installed capacity of 4.800 MW by 2020. Its associated energy production amounts to 14.379 GWh, which accounts for approximately 10% of the total RES (renewable energy sources) forecasted production by 2020.

As it is shown in figure 1, CSP electricity generation cost is higher than both fossil fuel technologies as well as renewable technologies.

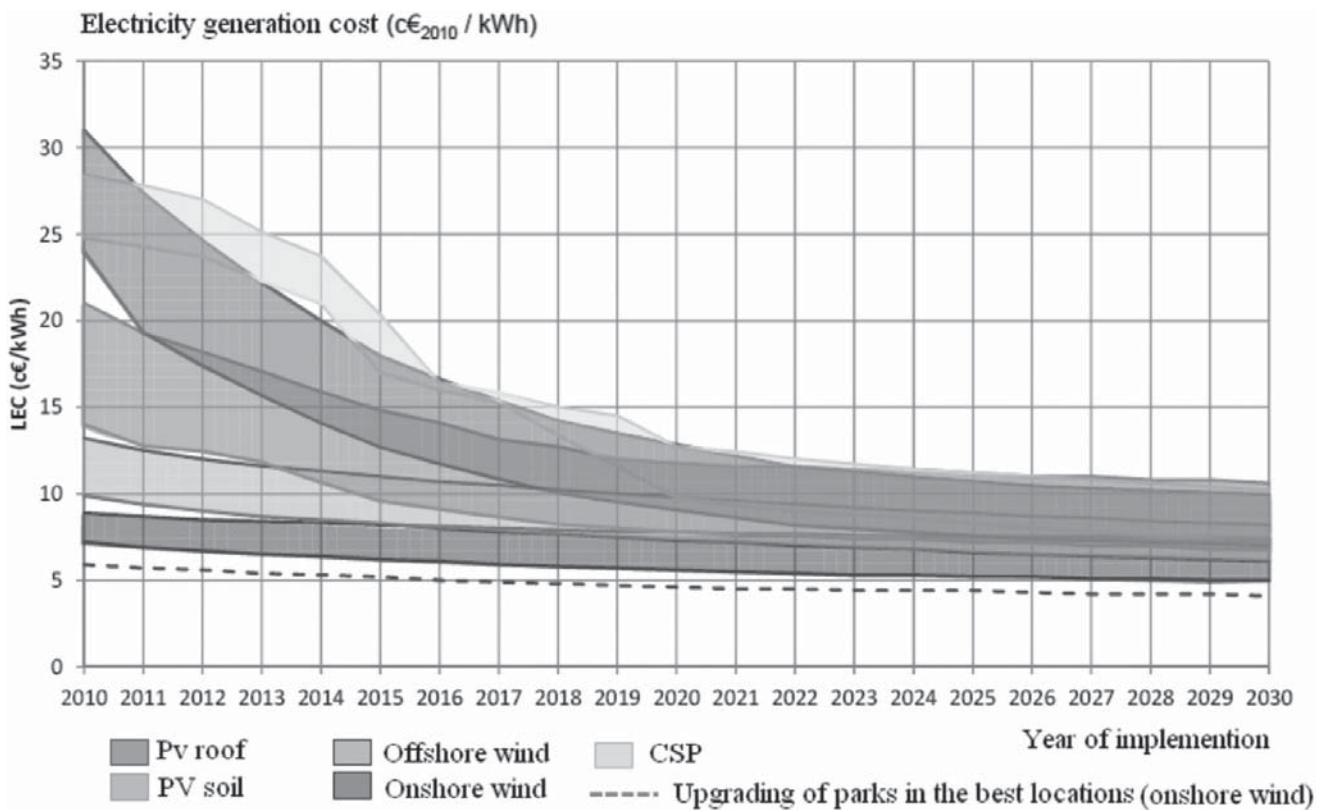
Despite the foreseen reduction in costs in solar thermal production (A.T. Kerney (2010), IDAE (2011), IEA (2010)), and as for the most of renewable energy technologies, CSP is not yet cost competitive. However, compared to fossil fuel technologies, the various positive impacts on society's wellbeing associated with renewable energies, justify government intervention materialized in the various types of support policies in place.

Besides the common proven benefits associated with renewable energies—positive impacts on the environment and the economy, job creation as well as reduction in energy dependency— CSP technologies have additional ones that should be considered when designing support mechanisms. For example, CSP technologies (i) facilitate the operation of the power system when it is reinforced with storage and backed up with other fuels (as natural gas and biomass); (ii) its production pattern match the summer demand peaks; (iii) compared to other RES technologies, they retain a higher share of the total Value Added in Spain (as most components are manufactured nationally); and (iv) have placed Spain in a worldwide leadership position offering the possibility to become a potential exporter, of both technology and knowhow.

¹ Cámara *et al.* (2010).

² The RD 661/2007 established that solar thermal producers can choose between: [i] obtaining a fix fare of 0,27 €/KWh for the energy or [ii] selling it in the electricity market, taking in the price paid for the energy in the market plus a 0,25 €/kWh premium - with a minimum turnover (considering the price of the market and adding the premium) guaranteed of 0,25 €/kWh and a maximum limit of 0,34 €/kWh.

Figure 1. Levelized electricity cost evolution of renewable technologies



Source: IDAE (2011).

The following sections will then contribute to a CSP integrated analysis by evaluating, according to the PER 2011-2020, what is the foreseen CSP technology deployment impact on the Spanish Economy and, more particularly, in job creation.

3. Construction of a Social Accounting Matrix with CSP

The analytical framework used in this work is a multisectorial model based on a Social Accounting Matrix (hereafter SAM). A SAM is a database where all the goods and income transactions that are produced among the different agents—productive activities, productive factors, households, societies, public sector and foreign sector—in a given economy (national, regional or local) are registered for a specific period of time, usually a calendar year. Given that the SAM offers a description of the relationship between productive and institutional agents in the economy, it is a suitable instrument to study the functioning of the economy of a given area.

Table 1 shows a SAM diagram with five blocks representing the five economy agents: productive activities, productive factors, resident sectors (households, companies and public sector), savings-investments and foreign sector. The SAM is a double-entry table where each row totals coincides with the totals of each column, because the resources obtained by each account, must coincide with their uses. The column totals are the total uses carried out by each account, and row totals reflects the source of the income of each account.

The SAM developed for this work is composed by 32 productive activities accounts; two Productive factors accounts (Labour and Capital factor); one account for Private Consumption, one for Savings-Investments; six accounts for Public Sector (that include direct, indirect, and payroll taxes), and one for Foreign Sector. As a result, the SAM diagram has 43 rows and 43 columns.

Table 1. Simplified structure of the SAM

	<i>Production</i>	<i>Primary Factors</i>	<i>Resident Sectors</i>	<i>Capital Account</i>	<i>Foreign Sector</i>
Production	Intermediate consumption		Private and public consumption	Gross capital investment	Exports
Primary Factors	Gross value added				Wages and property income
Resident Sector	Production taxes	Net resident income	Current and capital transfers	Taxes on capital	Current and capital transfers
Capital Account		Fixed capital consumption	Net resident financial capacity		Foreign savings
Foreign Sector	Imports	Wages and property income	Current and capital transfers		

Source: Cardenete, Fuentes y Polo (2011).

Table 2. Accounts of the SAM

Productive Activities	1-32. Sectors
Primary Factors	33. Labour 34. Capital
Private Sector	35. Consumption
Saving/Investment	36. Gross Capital Formation (GCF)
Government	37. Employers' social security contributions 38. Net product taxes 39. Net production taxes 40. Employees' social security contributions 41. Direct Taxes 42. Public Sector 43. Imports/Exports

Source: Own elaboration.

The SAM can be divided into four submatrices, which are shown in Table 3. The Intermediate Consumption sub matrix is composed of the rows and columns of productive sectors (32 × 32). It contains all the intersectorial relations, that is, each sector's expenditure on and income from intermediate consumption in other sectors.

Table 3. Structure of the SAM

	<i>Productive Activities</i>	<i>Primary Factors</i>	<i>Private Sector</i>	<i>Saving/Investment</i>	<i>Government</i>	<i>Foreign Sector</i>
Productive Activities	Intermediate Consumption					Final Demand
Primary Factors Private Sector Saving/Investment Government Foreign Sector	Primary Factors					Closure Sub-matrix

Source: Own elaboration.

The Primary Factors sub matrix sets out payments to factors used by each productive activity. All the cells are zero except for the ones containing factors income, net product and production taxes, as well as imports.

The Final Demand sub matrix provides information about the final uses of goods and services. The accounts in this sub matrix are Consumption, reflecting household and other private consumption; Investment, composed of gross fixed capital formation and variations in stock; Public Sector, which includes public consumption (composed of the collective consumption expenditure and individual consumption expenditure of the public administrations, and non-profit institutions serving households) and, finally, Exports.

The Closure sub matrix, which «closes» the circular flow of income by the interactions between factors matrix and final demand, and it is also the matrix hardest to build. Households receive their revenue from labour, from gross operating profit and from transfers, and Government receives its revenue from the different taxes and social contributions. This sub matrix also contains Private, Public and Foreign Saving.

In order to assess the socio-economic impacts of CSP investments, the SAMER-08 has been extended as statistical support for the model. It contains 32 branches of activity, six of which relate to renewable energy (wind; hydropower; solar photovoltaic/thermal; solar thermoelectric; biomass/MSW/geothermal/biogas and biofuels). Compared to previous studies that have used SAM models, this work represents an added value because of the decomposition of the energy production account into other technology specific accounts. Consequently, the SAMER-08 used in this work is an analytical tool that allows to model different energy policy scenarios.

The breakdown of the energy sector accounts is based on different types of data and it has been performed in two steps using information from different official sources: Secretary of State for Energy (SEE (2009)); Red Eléctrica de España (REE (2009)) and Institute for Energy Diversification and Saving of Energy (IDAE (2011)). To do this and complete the new rows, the first step has consisted on getting the consumption of energy from renewable sources distinguishing between primary (mainly for electricity generation) and final energy. Secondly, the new columns which reflect the expenditure structure of the new renewable technology sectors have been built using the investment as well as operation and maintenance cost data provided in the PER 2011-2020. Thus, once the new rows and columns are constructed, the matrix is completed. A more detailed description of the SAMER's construction can be found at Cámara *et al.* (2010).

4. SAM Methodology

In Spain, there are various studies that attempt at assessing the socio-economic impact of CSP deployment using different methodologies and approaches (Izquierdo *et al.* (2010), Caldés *et al.* (2009), Deloitte (2011), Cansino *et al.* (2011)). The present work extends the current body of literature by using an «extended³ SAM» model to estimate the impact in the Spanish economy associated with further investments in CSP plants in accordance with the PER 2011-2020. As previously mentioned, the SAMER-08 has been specially designed to analyze renewable energy policies, and more specifically, those policies that affect CSP technology deployment.

SAM models are linear models which use the information from a SAM to specify the multipliers of the model. Such multipliers are technical coefficients which can be interpreted as unitary requirements by produced unit, similar to the ones in the *Input/Output* (IO) Model. Among others, the first applications of Social Accounting Matrices are found in Stone (1962) and in Pyatt and Round (1979), being first applied in the Spanish context by Kehoe *et al.* (1988). Pyatt and Round (1979) were the first to propose the fix-price multiplier set up that has been extensively employed since then.

³ It is called an «extended SAM» because the original energy sector (as depicted in the official *Input/Output* tables) has been disaggregated into several energy technology sectors.

Starting from the basic equation of linear models in an economy,

$$Y = AY + X \quad (1)$$

Where A is the coefficients matrix —being its components a_{ij} the average expenditure coefficients that show the payments to account i per income unit of j — Y is a column vector of endogenous accounts and X a column vector of exogenous accounts. Solving this equation for X , the revenue of the endogenous accounts (which depend on the income of exogenous accounts) is obtained as follows:

$$Y = (I - A)^{-1} X = MX \quad (2)$$

Where M is the Accounting Multiplier Matrix (equivalent to the Leontief inverse in the *Input/Output* framework) whose components m_{ij} gather the —direct and indirect— impact on the income of the endogenous account i because of an exogenous unit shock of income in endogenous account j .

5. Socio-economic impact of CSP investment under PER 2011-2020

5.1. Description of the analysed scenario

In order to conduct the socio-economic impact assessment, the scenario analysed is the one presented in PER 2011-2020. Table 4 shows the figures of CSP forecasted capacity installation along the period.

Table 4. Forecasted CSP capacity installation in PER 2011-2020

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Central receiver	17									
Parabolic trough	699	649	372							
Fresnel	30									
Disco		1	70							
New capacity installed (MW)	746	650	442	250	280	300	300	350	400	449
Cumulative capacity	1.378	2.028	2.471	2.721	3.001	3.301	3.601	3.951	4.351	4.800

Source: PER 2011-2020.

Note: From 2010 to 2014 there is a National Registry of PreAssignment (NRPA) —prerequisite for investors who want to benefit from the feed in tariffs (FIT) system—. According to NRPA data, 94% of total installed capacity by 2013 will be met with parabolic trough plants.

The main reference data that will be used to construct the analysed scenario are the estimated future CSP energy capacity. Taking into consideration the existing capacity in 2008 as well as investment profile and production of a typical plant, the required new investment flows will be estimated and modelled.

Given the current and expected prevalence of parabolic trough plants, it has been assumed that all the foreseen capacity will be met with parabolic trough plants (in future revisions of this work such assumption will be modified to include other CSP technologies). According to PER data, out of the total installed capacity in 2013, 60% of the plants will have storage and 40% not. Due to the advantages associated with storage systems, it is assumed that from 2014 onwards, all new CSP plants will have storage systems. Another relevant assumption that will be revised in future versions of this work is that 100% of components and services required for CSP plants will be produced nationally.

In order to conduct the analysis, two reference plants with parabolic trough collectors have been considered. One of them has seven hours storage system, and other one, has no storage system. Following the current regulatory framework, 15% of total output is generated by natural gas. Cost data has been taken from IDAE (2011).

5.2. Application and results

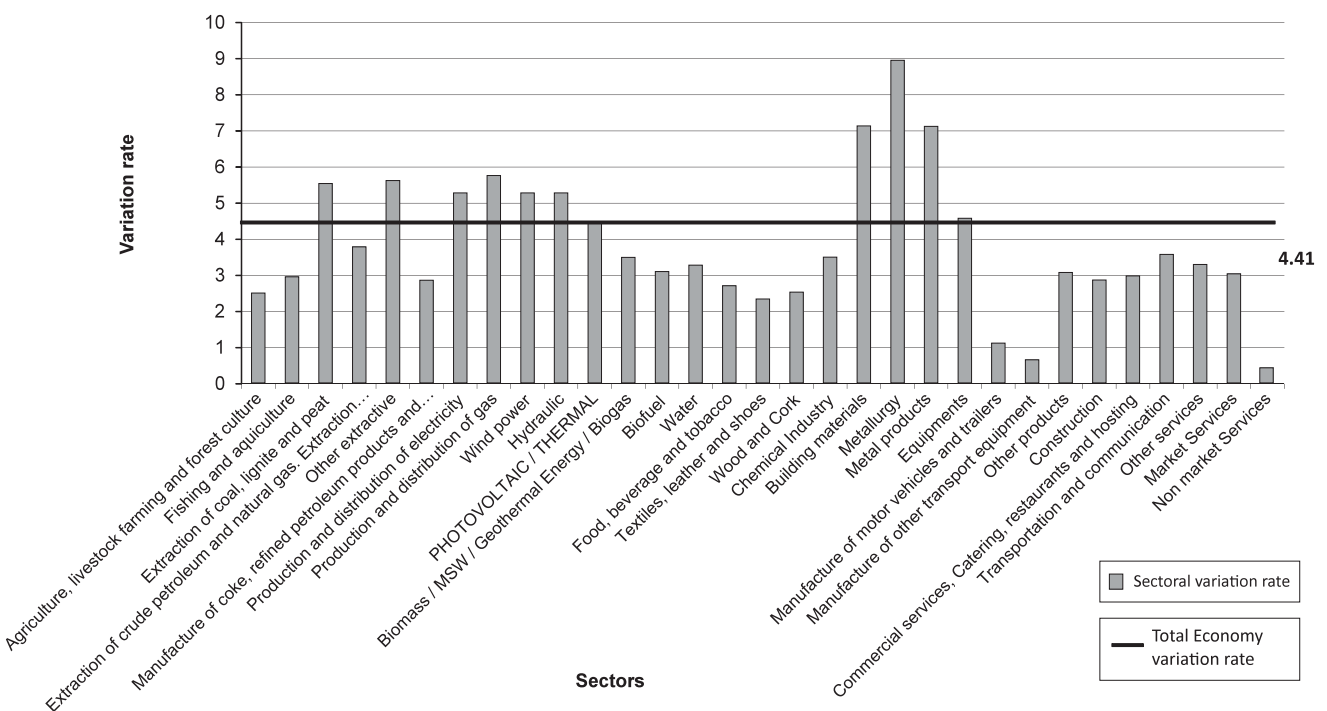
As previously said, the aim of this work is to enlarge the existing knowledge of CSP socio-economic impacts by using an expanded SAM model —based on the extended SAMER 08— to analyze the impacts on the economy (output and employment) that would be derived from the accomplishment of the PER 2011-2020 investment plans for CSP. In order to estimate such impact, a single investment shock in 2008 —which amounts the average annual investment on CSP plants along the period 2011-2020 will be simulated.

This exercise involves accepting the hypothesis that such investment will not alter the productive structure of the Spanish economy during the analyzed period. This is an important assumption and affects the robustness of the results since, despite the productive structure does not necessarily change from year to year, and technical coefficients should be revised and modified at least after shorter periods than ten years. However, for the purpose of this study, this hypothesis seems adequate enough to approach the overall effect of such investment.

In order to estimate the impact on production (output), the simulation is performed considering three exogenous accounts: Investment (GCF) is considered exogenous since it is the injection to be evaluated. Similarly, Public Sector and External Sector are considered exogenous because of their special features (that is decisions determined by political criteria or outside of the economic system). Since present work is using a SAM model, the endogenous accounts are branches of production, Private Consumption, Labour and Capital.

Figure 2 shows that the effects that the investment shock would have on the different economic sectors output so that the percentage increase in output for each sector is presented in each column. It can be observed that the total impact on the productive economy is growing at 0,36%, being the most affected branches within the industry sector: Extractives, Energy, and Building Materials, Metallurgy, Metal products and Machinery. For all these branches, their output growth rate is above the average increase of the economy. One possible explanation is the productive structure of this sector that spends a large percentage of its expenses in the above mentioned branches of industry and energy sector (mainly gas and electricity). In turn, these branches have a heavy reliance on extractive industries

Figure 2. Increase in total and sectoral output generated by planned investment in Thermal Power for the period 2010-2020 (rate of change)



so that an impact is observed in the latter sectors. Finally, it is worth mentioning the low impact generated on service industries. That is because, although some spending is done in these branches, is a very small percentage of the total. Considering that the inversion on CSP is going to take place along all the period, it could be said that in cumulative terms the impact on output due to increased capacity in CSP forecasted by PER will be 4, 41%.

Regarding the impact on employment, it has been assumed that the branches are only endogenous production sectors, and therefore it has been possible to work with a Leontief Model. Figures related to the impact on employment are collected in Table 5.

As a consequence of the CSP annual investment shock over the period 2008-2020, the total annual increase in employment would be 48.169 jobs. This figure includes direct employment (26.568 jobs, as indicated in CSP row) and indirect employment (in the rest of the economy, 21.602). The ratio of direct-indirect employment is approximately 1:1, which is similar to other renewable technologies. A significant

Table 5. Total employment impact (direct & indirect) of investment in CSP according to the PER 2011-2020

	<i>Employment created due to CSP annual average investment</i>	<i>Employment due to CSP / Total employ in the sector [%]</i>
Agriculture, livestock farming and forest culture	249	0,03%
Fishing and aquiculture	3	0,01%
Extraction of coal, lignite and peat	44	0,35%
Extraction of crude petroleum and natural gas. Extraction of uranium and thorium	2	0,19%
Other extractive	194	0,46%
Manufacture of coke, refined petroleum products and nuclear fuel	15	0,11%
Production and distribution of electricity (from conventional sources)	135	0,31%
Production and distribution of gas	33	0,35%
Wind power	1	0,31%
Hydraulic	0	0,31%
Photovoltaic / Thermal	0	0,20%
Solar CSP	26.568	99,97%
Biomass / MSW / Geothermal Energy / Biogas	0	0,13%
Biofuel	0	0,14%
Water	29	0,07%
Food, beverage and tobacco	46	0,01%
Textiles, leather and shoes	58	0,03%
Wood and Cork	392	0,12%
Chemical Industry	637	0,23%
Building materials	1.262	0,60%
Metallurgy	855	0,75%
Metal products	1.990	0,57%
Equipments	1.326	0,35%
Manufacture of motor vehicles and trailers	19	0,01%
Manufacture of other transport equipment	15	0,02%
Other products	349	0,16%
Construction	5.346	0,22%
Commercial services, Catering, restaurants and hosting	1.388	0,03%
Transportation and communication	1.728	0,16%
Other services	3.314	0,15%
Services for sale	993	0,05%
Services not intended for sale	1.178	0,03%
TOTAL EMPLOYMENT	48.169	0,25%

Source: Own elaboration.

portion of this growth is due to the construction phase. Unlike for the output impact assessment, different branches of services experienced an important increase in employment. Similarly, and as expected, other branches with a relevant employment growth are Metallurgy; Building materials; Metal products and other extractive activities. The impact on employment has been estimated taken into account the average annual investment along the period 2011-2020. Considering the whole period, it could be said that in cumulative terms the impact on employment due to CSP increased capacity forecasted by PER will be 529.870 employees of one year of duration.

6. Conclusions

Despite their higher electricity generation costs, Concentrating Solar Power (CSP) technologies may play a very relevant role in the energy mix of solar resource abundant countries like Spain. Compared to fossil fuel technologies and other renewable energy technologies, they bring various benefits to society that policy makers must take into account when designing price support policies.

In this context, the work presented here has attempted to shed some light to this debate by estimating what are the socio-economic implications associated with future CSP investments in Spain as foreseen by the PER 2011-2020. To do so, a new Social Accounting Matrix (SAM) named SAMER-2008 has been built for this purpose. The main added value of this new analytical tool is that the energy sector has been disaggregated into 6 new renewable energy technology sectors, including CSP allowing to perform this analytical exercise as well as other policy scenarios simulations.

Our results show that, given the estimated investment requirements associated with a 4.368 MW CSP increased capacity foreseen by the PER 2011-2020, the resulting average annual increase in the demand of goods and services would be 0,35% and the average annual increase in employment would be 48.169 jobs (of one year of duration). During the whole period, in accumulative terms, compared to the 2008 situation, there would be an output growth of 4, 41% and an increase in employment of 529.870 new jobs of one year of duration. Similarly, one further positive result from the analysis, is that the sectors most affected by the CSP investments are some of the ones most hit by the crisis such as construction, building materials, etc.

In conclusion, results show that CSP investments in Spain have a positive and relevant socio-economic impact for both the National Economy and for employment creation in sectors that in the current economic crisis deserve special attention.

However, for a more complete integrated assessment, it would be required to include in the analysis other type of impacts (such as the environmental, energy dependence, cost of support policies, value of storage, etc.) to be able to assess whether or not the cost of the current and future CSP support policies are justified on the grounds of social wellbeing.

Finally, from the work presented here there major lines of future research have been identified by the authors: (i) update and improvement of the data supporting the SAMER08, (ii) re-evaluation of the hypothesis supporting the model (such as the temporal patterns of investment of the plants, CSP cost variations, energy demand fluctuations, etc.) and, finally, (iii) use new analytical models such a structural decomposition and, ultimately, a computable general equilibrium model.

7. References

- CALDÉS, N.; VARELA, M.; SANTAMARÍA, M.; SÁEZ, R. (2009): «Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain», *Energy Policy*, 37 (5), pp. 1628-1636.
- CÁMARA, A.; FLORES, M.; FUENTES, P. (2010): *Modelos multisectoriales para la evaluación del sector energético español de renovables y su incidencia sobre la economía y el medio ambiente*, Fundación MAPFRE.
- CÁMARA, A.; FLORES, M.; FUENTES, P. (2011): «Análisis económico y medioambiental del sector eléctrico en España», *Estudios de Economía Aplicada*, 29, pp. 493-514.
- CANSINO, J.M.; CARDENETE, M.A.; GONZÁLEZ, J.M.; PABLO-ROMERO, M.P. (2011): «Economic impacts of solar thermal electricity technology deployment on Andalusian productive activities: a CGE approach», *Annals of Regional Science*, DOI: 10.1007/s00168-011-0471-3.

- CARDENETE, M.A.; FUENTES, P. y POLO, C. (2011): «Energy Intensities and CO₂ Emissions in a Social Accounting Matrix Model of the Andalusian Economy». *Journal of industrial ecology*. Forthcoming.
- CARDENETE, M.A.; FUENTES, P. (2009): «Un modelo SAM lineal para la evaluación del impacto de la central nuclear de Almaraz en la economía extremeña», en *Realidad económica del sector nuclear*. Ed. Servicio de Estudios de la Universidad de Extremadura.
- DELOITTE (2011): *Impacto macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España*.
- DIETZANBACHER, E. (2005): «More on multipliers», *Journal of Regional Science*, 45 (2), pp. 421-426.
- IEA (2010): *Technology Roadmap. Concentrating Solar Power*.
- IDAE (Institute for Energy Diversification and Saving of Energy) (2011): *Plan de Energías Renovables 2011-2020*.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2008): *Marco Input/Output 2005*, disponible en <http://www.ine.es>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2010): *Contabilidad Nacional de España 2005*, disponible en <http://www.ine.es>
- IZQUIERDO, S.; MONTAÑÉS, C.; DOPAZO, C.; FUEYO, N. (2010): «Analysis of CSP plants for the definition of energy policies: The influence on electricity cost of solar multiples, capacity factors and energy storage», *Energy Policy*, 38, pp. 6215-6221.
- KEHOE, T.J.; MANRESA, A.; POLO, C.; SANCHO, F. (1988): «Una Matriz de Contabilidad Social de la Economía española», *Estadística Española*, 30 (117), pp. 5-33.
- KEARNEY, A.T. (2010): «Solar thermal Electricity 2025». Clean electricity on demand: attractive STE cost stabilize energy production.
- KULISIC, B.; LOIZOU, E. et al. (2007): «Impacts of biodiesel production on Croatian economy», *Energy Policy*, 35(12): 6036-6045.
- LEONTIEF, W. (1941): *The Structure of American Economy, 1919-1929: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*, Cambridge, Harvard University Press.
- PYATT, G.; ROUND, J. (1979): «Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Framework», *Economic Journal*, 89, pp. 850-873.
- RASMUSSEN, P. (1956): *Studies in Inter-Sectorial relations*, Amsterdam, North-Holland.
- REE (Red Eléctrica de España) (2009): *El sistema eléctrico español 2008*.
- SEE (SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA) (2009): *La energía en España 2008*.
- STONE, R. (1962): *A Social Accounting Matrix for 1960. A Programme for Growth*, Chapman and Hall Lid, London.

A product orientate view on energy use

Presentado por *Michael Hartener*

Researcher in the Energy Economics Group, Vienna University of Technology

1. Introduction

In this paper a method to estimate energy conservation potentials on the basis of *Input/Output* analyses will be discussed. When the energy requirement of countries, industries, households or individuals is analyzed most studies refer to the direct energy consumption of those entities. Consequently these entities are analyzed individually which ignores the linkages in between. In this research a different approach is used by estimating cross-border supply chains for goods and services. The energy requirement along the supply chains will be linked to energy intensities of industries to estimate the total energy requirement of final products. The focus is therefore on final products and the cumulative energy requirements to produce those products, which is in contrast to studies that focus on individual countries or industries. While this approach is widely used to calculate emission or energy footprints it is not common to estimate energy conservation potentials on aggregated level.

Such a perspective allows for analyzing the supply chain of products and identifying efficiency potentials along those supply chains. Furthermore individual decisions and consumption patterns can be linked to the resulting energy requirement.

This paper also wants to shed light on the fact that conventional statistics only show a production based view that identifies energy needs for different economic sectors or entities individually without reporting embedded energy flows that arise from the interconnections of those entities. Those statistics do not show the cumulative energy requirement to produce products for final demand. The approach used in this paper allows for estimating the cumulative final energy requirement for product groups on aggregated level across national borders using Extended *Input/Output* Analyses. The basic model itself will be presented in section 2. In section 3 some preliminary results for Austria will be shown to illustrate the findings that can be derived from such an approach. In section 4 possibilities to evaluate the effects on the economic structure and the resulting energy requirement will be discussed.

This paper is supposed to be a working paper and does not aim at presenting robust empirical results. The focus here is on the methodology itself which should be subject to critical review.

2. Energy Extended *Input/Output* Model

Input/Output models have been used to analyze economies since the basics have been developed by Wassily Leontief in the middle of the 20th century. While the focus of his work was on economics he also developed the basis for environmental extensions of *Input/Output* models. By using additional data the model can be extended to provide insights into ecological impacts, external costs or material consumption of products on an aggregated level. Literature and applications of such models are diverse and abundant. A comprehensive description of the state of the art is given by Tukker *et al.* (2006) in their report on «Environmentally extended *Input/Output* tables and models for Europe» and in Minx (2010). Reinders, Vringer and Blok (2002) have conducted studies on the indirect energy requirements of households in the European Union concluding that the share of indirect requirements accounts to up to 60%

of the total energy requirement for some countries. Rueda-Cantuche (2011) has contributed with his studies on multi-regional *Input/Output* models and on aggregation of *Input/Output* tables, developing an *Input/Output* table for EU-27 which is also used in this work. There are also numerous studies on carbon foot printing and carbon leakage using *Input/Output* models. (Minx (2010), Peters (2010)). Robert A. Herendeen (1981, 78) and Manfred Lenzen (2000, 2003, 2007) have also published numerous articles on the issue and have contributed some further methodological extensions.

For Austria there have been two recent studies on embedded CO₂ emissions in the Austrian trade by Kratena (2010) and Bednar Friedl *et al.* (2010). Both studies conclude that Austria is a net importer of embedded emissions, meaning that the emissions resulting from the production of goods and services consumed in Austria are higher than the emissions resulting from Austrian production processes. This is consistent with the findings that have been derived from the model that will be presented in this section. First the basic method of an energy extended *Input/Output* table using energy intensities of sectors will be presented for a one-region case. Then the model will be extended to a two-region approach representing Austria and the rest of the world using an aggregated EU-27 table.

2.1. Basic Input/Output energy extension

In this section the basic *Input/Output* model formulation will be presented. The methodological background is mainly based on Miller and Blair (2009).

Figure 1. General formulation of national Input/Output tables

		Output →									
		Industry	1	2	.....	j	....	n	Total	Final demand	Total Use
Input ↓	1		z_{11}	z_{12}	...	z_{1j}	...	z_{1n}	$\sum_{j=1}^n z_{1j}$	y_1	x_1^{use}
	2		z_{21}	z_{22}	...	z_{2j}	...	z_{2n}	$\sum_{j=1}^n z_{2j}$	y_2	x_2^{use}

	i		z_{i1}	z_{i2}	...	z_{ij}	...	z_{in}	$\sum_{j=1}^n z_{ij}$	y_i	x_i^{use}

	n		z_{n1}	z_{n2}	...	z_{nj}	...	z_{nn}	$\sum_{j=1}^n z_{nj}$	y_n	x_n^{use}
Total			$\sum_{i=1}^n z_{i1}$	$\sum_{i=1}^n z_{i2}$	...	$\sum_{i=1}^n z_{ij}$	...	$\sum_{i=1}^n z_{in}$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n z_{ij}$	$\sum_{i=1}^n y_i$	$\sum_{i=1}^n x_i^{use}$
Value added			v_1	v_2	...	v_j	...	v_n	$\sum_{j=1}^n v_j$		
Total supply			x_1^{supply}	x_2^{supply}	...	x_j^{supply}	...	x_n^{supply}	$\sum_{j=1}^n x_j^{supply}$		

Input/Output analyses on country level are based on symmetric *Input/Output* tables that are derived from supply and use tables for goods and services by statistical agencies. In this model all tables are provided by Statistics Austria and Eurostat.

DEFINITION OF VARIABLES

In a one-region case where all goods are produced and consumed within one region, the economy can be described with the table provided in figure 1. The economy consist of 1 to n industries. Each industry receives inputs from other industries which are quantified in the columns 1 to n. The inputs of the industry i can be described as a vector. Deliveries from one industry to other sectors can be found along the rows 1 to n. Note that all entries in the table are monetary values given in the domestic currency.

$$\text{Inputs to one industry from other industries: } \mathbf{z}_j^{\text{in}} = \begin{bmatrix} z_{1j} \\ z_{2j} \\ \dots \\ z_{nj} \end{bmatrix}$$

$$\text{Outputs/deliveries from one industry to other industries: } \mathbf{z}_i^{\text{out}} = [z_{i1} \ z_{i2} \ \dots \ z_{in}]$$

All those transactions are supposed to be intermediate goods that are needed by the industries to produce goods and services. In other words, the *Input/Output*-table provides an aggregated supply chain for all industries indicated in the table. All entries of intermediate transactions constitute the Matrix \mathbf{Z} which describes all interindustry sales and deliveries within the economy.

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{1,1} & z_{1,2} & \dots & z_{1,n} \\ z_{2,1} & z_{2,2} & \dots & z_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{n,1} & z_{n,2} & \dots & z_{n,n} \end{bmatrix}$$

In addition to interindustry sales final goods are delivered to final demand \mathbf{Y} .

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}$$

Final demand can further be split up into private consumption \mathbf{C} , government spending \mathbf{G} and investments \mathbf{I} , all vectors of the same size as \mathbf{Y} .

$$\mathbf{Y} = \mathbf{C} + \mathbf{G} + \mathbf{I}$$

All sales to industries and final demand of an industry correspond to the total use of the industries output which corresponds to the row sum of an industry plus final demand.

$$\mathbf{x}_i^{\text{use}} = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i$$

The sum of all sales corresponds to the total output X of the economy. Total output of the economy can also be derived by summing up all entries in the columns of matrix Z and adding the value added V by the industry which consists of wages and profits. This corresponds to the total use of inputs by an industry.

$$X_j^{sup} = \sum_{i=1}^n z_{ij} + v_j$$

By definition the total use must equal total supply so total output can be derived from both relationships:

$$X = \sum_{i=1}^n X_i^{usc} = \sum_{j=1}^n X_j^{sup} \text{ and final demand equals total value added: } \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{j=1}^n v_j$$

OUTPUT AS A FUNCTION OF FINAL DEMAND

The goal of the model is to estimate the energy inputs needed to deliver final products to final demand. Before we account for energy inputs the output of the economy has to be expressed as a function of final demand. This can be done by applying the Leontief-inverse which will be shown in this section.

Total output can be written as:

$$Zi + Y = X$$

i represents a column vector of 1's so Zi is equivalent to a vector of all row sums of Z . The equation indicates that total output of the economy equals the sum of all interindustry sales plus all deliveries to final demand. If we relate all inputs of one industry for its production of goods to the total output of the industry we find technical coefficients a_{ij} for the production of one unit of output.

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j} \text{ or written as a matrix: } A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

All a_{ij} can be interpreted as the (for the Austrian case) € worth of inputs from sector i to produce one € worth of output of sector j . The coefficients are also called direct input coefficients. Matrix A is also referred to as the direct requirement matrix or the technology of an economy and can be used to analyze the efficiency and technological change of economies. Note that the coefficients are assumed to be constant for all levels of output. By definition all a_{ij} show values between 0 and 1 and the column sums are less than 1.

With this relationship Z can be written as $Z = A\hat{X}$ where \hat{X} is a diagonal matrix with total output of each industry as entries along the diagonal.

Consequently total output can be written as

$$AX + Y = X$$

and

$$X - AX = Y$$

$$(I - A)X = Y$$

$$(I - A)^{-1} Y = X$$

yields an expression that makes total output a function of the technical coefficients and final demand. I denotes the identity matrix of the same size as A . Note that once the coefficients are determined total output is only a function of demand Y . This is why *Input/Output* models are said to be demand driven. Of course demand is derived from the income received which depends on production and total output. This approach ignores this relationship and is therefore considered to be a rather static approach. However it provides a good description of the interrelations between industries for a certain level of output.

The inverse $(I - A)^{-1}$ is known as the «Leontief inverse» and will be denoted as R .

$$R = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

The Leontief inverse is also known as the total requirement matrix. The coefficients along the columns can be interpreted as the € worth of input of industry i to deliver goods worth one € to final demand. The entries along the diagonal can be interpreted as intraindustry deliveries (e.g. deliveries of engines to assembling plants in the car industry) while all other entries are interindustry inputs (e.g. deliveries from the metal industry to the car industry). The interpretation of the Leontief inverse gets clear when R is written as:¹

$$(I - A)^{-1} = (I + A + A^2 + A^3 + \dots)$$

and

$$X = (I + A + A^2 + A^3 + \dots) Y$$

The interpretation of this equation is as follows:

- To deliver one unit to final demand at least one unit has to be produced by the industry indicated by Y .
- To produce this unit, inputs from other industries are needed, which is indicated by the technology coefficients in $A \rightarrow AY$.
- To produce those intermediate inputs again inputs from other industries are needed indicated by A^2Y .
- This goes on to infinity and the result is the total requirement of inputs from all industries to produce one unit of final output. Note that the contributions of the elements in A get smaller for higher exponents and eventually approach zero as the coefficients in A are between 1 and 0.

Consequently the columns of R correspond to an aggregated supply chain² in which the monetary contributions of all industries to deliver one unit to final demand are indicated by the coefficients r_{ij} .

Now, that an aggregated supply chain can be derived from *Input/Output* tables the monetary data has to be linked with physical energy data to estimate the energy requirements along the supply chains.

2.2. Energy Input/Output Analysis

In general there are two ways to derive energy use from *Input/Output* analyses. Both approaches are described in detail by Miller and Blair (2009) and the method is called Energy *Input/Output* Analysis.

¹ This is called the Power Series Approximation. For more details see Miller and Blair (2009), p. 31ff.

² Of course the supply chain does not show the order in which the industries contribute to the production of a final product.

While the first approach is a hybrid approach in the sense that all monetary entries in the *Input/Output* table related to energy inputs are substituted by physical units (e.g. TJ, MWh...) while all other inputs are still represented by monetary units. The formulation of the requirement matrices can be derived in a similar matter as described in the previous section. The second approach uses energy intensities in the form of energy input per unit of total output (e.g. TJ/€, MWh/€...) to derive energy requirement coefficients.

While in terms of accuracy the hybrid method is more favourable, the data requirements are much higher and related to the data available for this study some further problems arise. For this study more than 20 energy carriers are used but the energy sectors in the *Input/Output* table are rather uniform. This means that for implementing those energy carriers in a hybrid approach, the sectors have to be decomposed for which there is not enough data available at this stage. This is why the rather traditional approach of using energy intensities is used in this study. The two main limitations of this approach are that first the accuracy of the results depends on the unity of energy prices along the industries and second the results are only accurate if the final demand for products is constant or growing uniformly meaning that the demand vector is a linear combination of the original demand vector used to derive the energy intensities.

Being aware of the limitations, the approach using energy intensities will be derived in the following section. Energy intensity here is defined as final energy demand per unit of output. This means that only the final energy demand and the own use of the industries will be included in the model. To derive primary energy use, conversion factors for the energy carriers have to be considered which will not be part of this paper. Also direct energy use of households is not part of the model. However the direct final energy use of households can be added as it is given as an extra value for each energy carrier in the data used from Statistic Austria.

The energy intensities used here are derived from:

$$e_j^t = \frac{FE_j^t}{X_j}$$

- e_j^t intensity of energy carrier t for sector j [kWh/€]
- FE_j^t Use of final energy carrier t from sector j [kWh/year]
- X_j Output of sector j [€/year]

By multiplying the Leontief inverse with a diagonal matrix with energy intensities of the industries on the diagonal we end up with a matrix containing total requirements of the energy *RE* carrier for the production of one unit for final demand. The columns contain the energy input along the supply chain of a product and the sum of the columns indicate the total inputs of one energy carrier to produce one unit of an industries products for final demand.

$$RE = \hat{e} \cdot (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} r_{11}e_1 & r_{12}e_1 & \dots & r_{1n}e_1 \\ r_{21}e_2 & r_{22}e_2 & \dots & r_{2n}e_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1}e_n & r_{n2}e_n & \dots & r_{nn}e_n \end{bmatrix}$$

Together with the original equation for total output we get the total requirement of an energy carrier for the economy as a function of final demand.

$$E = \hat{e} \cdot (I - A)^{-1} \cdot Y$$

Multiplying demand as a diagonal matrix yields a vector of total energy requirements for the consumption of products produced by all industries within one year.

$$E_{pg} = \hat{e} \cdot (I - A)^{-1} \cdot \hat{Y}$$

The Austrian *Input/Output* table consists of 57 sectors and from additional data provided by Statistics Austria the demand of all 57 sectors for 23 final energy carriers could be derived. However, to account for the total energy requirement of a small economy like Austria, the imports of other countries must be considered. While the imports of energy carriers are reflected in the energy intensities of the industries, the energy requirement for the production of imported final goods and imported intermediate goods used to produce final goods in Austria is not included. The integration of imports and exports will be discussed in the next section.

3. Region Energy *Input/Output* model

There are basically two approaches to account for the energy requirement needed to produce imported goods to Austria. The most accurate approach is a Multi-Regional-*Input/Output* analysis where all imports are tracked back to the regions where they have been produced originally. Obviously the data requirement for such an analysis is very high. Additionally there are aggregation problems as the *Input/Output* tables are not homogeneous meaning that the number of sectors varies from country to country and statistical agencies allocate and classify some economic activities differently. Additionally data on energy use is usually not available for all sectors, as the allocation of energy carriers in the IEA energy balances differs from what is needed to calculate energy intensities for all sectors. Although the GTAP data base would provide some of the necessary data, it provides less details as the data available for the Austrian energy use.

As the goal of this study is also to integrate data from process analyses, the aggregation level of industries and energy inputs needed to be as low as possible which is why a 2-region approach was chosen. Instead of modeling each region individually only 2 regions —Austria and the rest of the world (ROW) are modeled—. For the simulation of ROW an aggregated EU-27 *Input/Output* table was used. The table also consists of 57 industries and is considered to be consistent with the Austrian classification rules. This approach was also chosen by Kratena (2010) to assess the CO₂ emissions in Austrian trade flows.

All variables that relate to domestic activities will be denoted with the superscript d , activities taking place in the ROW will be denoted with f . Statistics Austria provides three tables. One contains only domestic interindustry transactions and demand for domestically produced final goods. From this table the technical coefficient matrix A^d and the vector of final demand for Austrian final goods Y^d consumed in Austria can be derived.³ Additionally there is a table for imported goods which shows the Austrian matrix for imported intermediate goods Z^{dimp} and the vector for imported final products Y^f . From Z^{dimp} the technological coefficient for imported intermediate goods A^{dimp} can be derived by:

$$a_{ij}^{dimp} = \frac{z_{ij}^{dimp}}{X_j^d} = A^{dimp}$$

The demand for Austrian final goods from ROW is given by the exports of Austria that are treated as a final demand component of the Austrian economy and is denoted as Y^{fimp} . There is also the component of exported intermediate goods from Austria. The technology matrix of the foreign country A^f can be derived from the EU 27 table. Additionally the ROW uses imported intermediate goods from Austria for the production of final goods which is given by the technical coefficient matrix A^{fimp} . However the contribution of Austria being a very small economy is marginal compared to the production of the rest of the world.⁴ This is why this term will be ignored before energy intensities are introduced.

³ Note that this vector excludes exports from Austria to other countries.

⁴ For further discussion see Serrano and Dietzenbacher (2008).

Including all matrices into one expression for the domestic country and the ROW yields the following equation for total output of both regions:

$$\begin{bmatrix} X^d \\ X^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^d & A^{fimp} \\ A^{dimp} & A^f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X^d \\ X^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y^d & Y^{fimp} \\ Y^{dimp} & Y^f \end{bmatrix}$$

Assuming that the term A^{fimp} can be ignored because of its marginal contribution we get:

$$\begin{bmatrix} X^d \\ X^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^d & 0 \\ A^{dimp} & A^f \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X^d \\ X^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y^d & Y^{fimp} \\ Y^{dimp} & Y^f \end{bmatrix}$$

Again the inverse can be calculated to make the outputs a function of the technology matrices and final demand of both regions. The inverse is as follows:

$$\left(\begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^d & 0 \\ A^{dimp} & A^f \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} (I - A^d)^{-1} & 0 \\ A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} & (I - A^f)^{-1} \end{bmatrix}$$

And the equation for the output of both nations is:

$$\begin{bmatrix} X^d \\ X^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I - A^d)^{-1} & 0 \\ A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} & (I - A^f)^{-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y^d & Y^{fimp} \\ Y^{dimp} & Y^f \end{bmatrix}$$

By adding the energy intensity vectors of the domestic economy e^d and the rest of the world e^f total energy requirement in both regions and energy flows embedded in the trade between those regions can be calculated:

$$\begin{bmatrix} E^d \\ E^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \widehat{e}^d (I - A^d)^{-1} & 0 \\ \widehat{e}^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} & \widehat{e}^f \cdot (I - A^f)^{-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y^d & Y^{fimp} \\ Y^{dimp} & Y^f \end{bmatrix}$$

This formulation allows for tracking down energy flows along the supply chain even if the production of goods took place outside of the country.

Interpretation of the model

The terms in the partitioned Leontief inverse can be interpreted as follows:

$\widehat{e}^d (I - A^d)^{-1}$ equals the term in the closed economy case and represents the total energy requirement coefficients of domestic production.

Likewise $e^f \cdot (I - A)^{-1}$ represents the total energy requirement coefficients of the ROW production.

$\widehat{e}^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1}$ represents total energy requirements of imported intermediate goods that are produced in the rest of the world and are used by domestic industries to produce domestic final goods.

The initial goal of this method was to determine the energy requirement for product groups consumed in Austria. This can be derived from:

$$E_{cons}^d = e^d \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot Y^d + e^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} \cdot Y^d + e^f \cdot (I - A^f)^{-1} \cdot Y^{dimp}$$

E_{cons}^d stands for the energy requirement to satisfy the domestic demand for goods and services. The first term represents the energy requirement of domestic production to satisfy the demand for final goods produced in the domestic country. The second term represents the energy requirement for the production of intermediate goods in ROW needed to produce domestic final goods. The third term represents the energy requirement that arises from the production of final goods produced in ROW and imported to the domestic country. Using the coefficients the transformation also provides an aggregated supply chain with corresponding energy requirements, which is of special interest for this study. The application of those supply chains will be discussed later. As shown before by multiplying the demand vectors Y^d and Y^{dimp} in the form of diagonal matrices the energy requirement can be calculated for each industry individually.

Although this is not the focus of this study we also want to show that of course part of the domestic energy requirement is induced by the production of final goods that are exported to ROW Y^{dimp} . The exported embedded energy requirement resulting from Austrian production is denoted as E_{exp}^d .⁵

$$E_{exp}^d = \tilde{e}^d \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot Y^{dimp}$$

From this the difference between the energy requirement for the production of domestic goods (production based view) and the energy requirement to satisfy the Austrian demand for goods and services (consumption based view) can be calculated as:

$$E_{balance} = e^d \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot Y^{dimp} - e^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} \cdot Y^d - e^f \cdot (I - A^f) \cdot Y^{dimp}$$

If $E_{balance}$ is positive the production based view as used in conventional energy statistics shows higher values than a consumption based approach. For European countries $E_{balance}$ is typically negative indicating that most countries are net importers of embedded energy. Under the assumptions used in this study this is also the case in Austria.

The methodology described here is well known within *Input/Output* economists and has proven to be a helpful analytical framework for many research topics. The greatest shortcoming with respect to the assessment of the energy requirement of products is the relatively high aggregation level. The technical coefficients represent a mix of technologies and processes and not a single activity. Also the energy intensities are a result of different processes where one single process might be more energy intensive than others. The aggregated supply chains can therefore only be seen as rough estimations for the energy intensity of a product produced by the industry in question, even when the results of the model are sufficiently accurate as a whole. Before this shortcoming is addressed some results for an Austrian Energy *Input/Output* analysis will be shown in the next section.

4. Results of the *Input/Output* Model for Austria

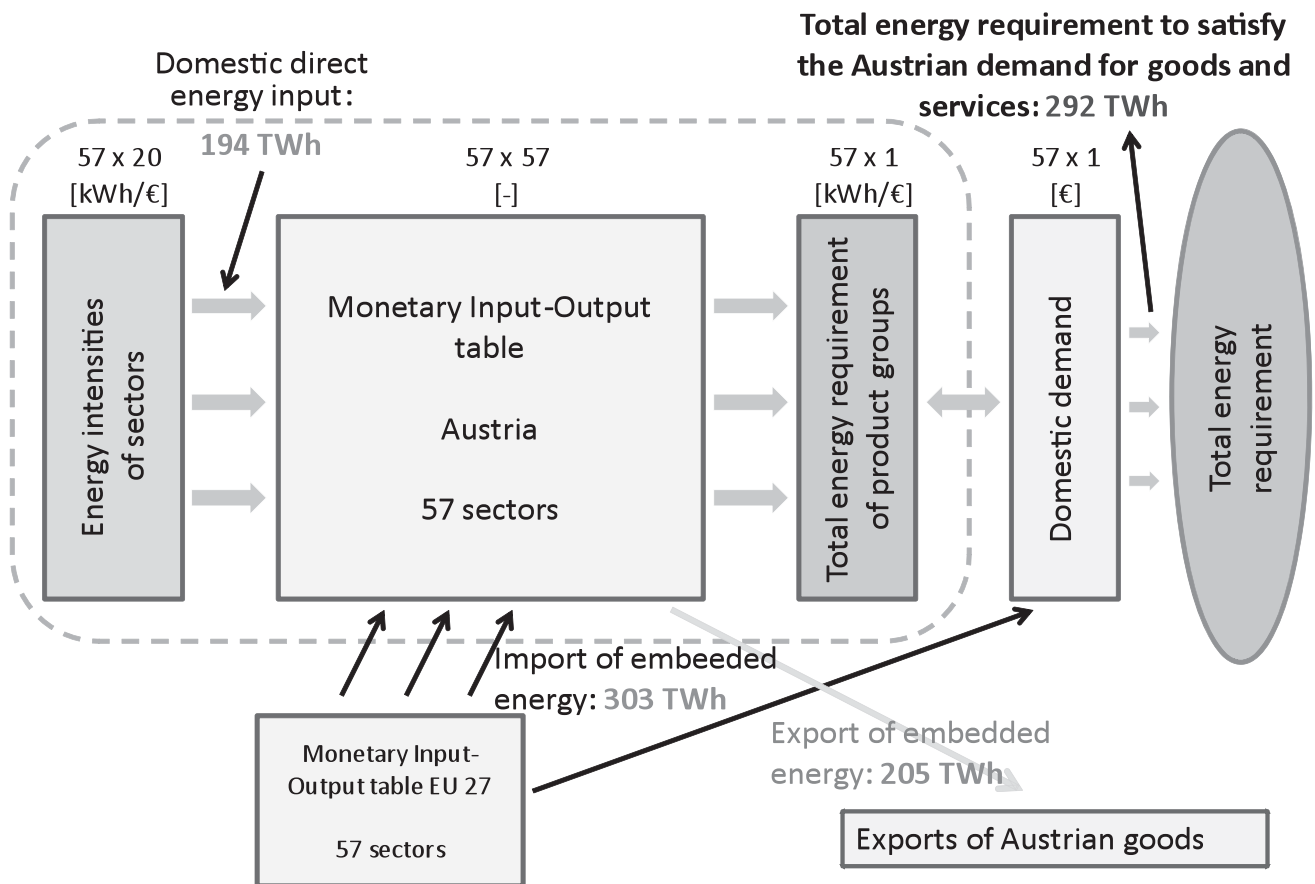
In this section some sample results for the empirical application of the model will be shown to illustrate some insights that can be gained from such an analysis. As stated before *Input/Output* tables from Austria and the EU-27 for the year 2007 have been used to set up a 2 region model. Both tables use the NACE 2digit classification which yields symmetric tables with 57 industries. The final demand function is split up into the components private consumption, government consumption, investments and exports. The final energy intensities for Austria have been derived from the «Energiegesamtrechnung», which identifies total use of 23 final energy carriers for all 57 industries. Unfortunately this data was not available for the EU27 by the time of the calculations. For the time being Austrian energy intensities are used for EU27 production which leads to some inaccuracies in the calculation. The data for EU27 should be available soon as there is a project dedicated to harmonize data of EU members and will be imple-

⁵ Note that the total embedded energy of those products would also include the intermediate goods produced in ROW. Here only the part of the domestic energy requirement. To get the total embedded energy the term $e^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} \cdot Y^{dimp}$ has to be added.

mented as soon as possible. So far the findings shown should be seen as preliminary results that are subject to critical reflection. Direct energy use of households is not included in the calculation. Only the energy use of the 57 industry sectors is included in the analysis.

Austria's economy is dependent on the import of intermediate and final goods to satisfy domestic demand for goods and services. The production value of imported intermediate goods amounts to about 29,5% of total production value of all intermediate goods and around 16% of final demand were satisfied by imported final goods. On the other hand around 37% of the final demand for Austrian final products results from exports to other countries.⁶ Consequently there are substantial embedded energy flows related to the physical trade flows of goods and services. Figure 2 shows the flows of embedded final energy calculated by the model described in the previous section.

Figure 2. Energy flows embedded in Austrian imports and exports
Energy flows between Austria and the rest of the world



The results show, that Austria has a trade deficit of embedded energy in the sense that more embedded energy is imported than exported. Of the initial 194 TWh final energy used for the production of goods and services around 50% (97 TWh) are embedded in products to satisfy domestic demand. The other 50% is exported embedded energy to the rest of the world. On the other hand additional 303 TWh of embedded final energy enter the country in the form of imported intermediate and final products. Of those 303 TWh, 108 TWh are again embedded in exported products produced in Austria, which makes 205 TWh of total embedded final energy in Austrian exports. The rest is embedded in products to satisfy Austrian demand which results in a total energy requirement of 292 TWh in the year 2007. This is much higher than the initial 194 TWh direct energy input. The embedded energy trade balance of Austria and the rest of the world is therefore —98 TWh, indicating that Austria is a net importer

⁶ Figures based on data from the Austrian Input/Output table 2007.

of embedded energy—.7 If the household final energy use in 2007 of around 109 TWh is considered, the total energy demand of Austria is around 33% higher from a consumption perspective than from the usual production perspective used in OECD energy balances and other statistics. This is consistent with the results estimated for CO₂ emissions in Bednar Friedl *et al.* (2010) where emissions are estimated to be 38% higher from a consumption perspective compared to conventional emission inventories.

The model allows to identify the energy requirement for the supply of each of the 57 product groups listed in the *Input/Output* table. Figure 3 shows the energy demand for these products that were responsible for most of the final energy requirement to satisfy the demand for goods and services consumed and invested in Austria 2007 (energy sectors excluded). Construction work is the single product group that is responsible for the highest energy requirement resulting from inputs along the supply chain from the sectors *coke and refined petroleum products, other non-metallic mineral products, basic metals* and direct energy inputs from the sector *construction work* itself. Also *chemicals and land transport services* are responsible for a large share of total energy requirement which is not surprising. It is more surprising that Health and social work services show very high energy requirements, mainly resulting from the inputs *electrical energy, gas, steam and hot water* and *coke and refined petroleum products*. This might also result from the size of the sector. The aggregation level of the sectors and the classifications vary which also has to be considered in an analysis.

Figure 3. Total energy requirement for product groups in Austria 2007
Composition of embedded final energy in Austria

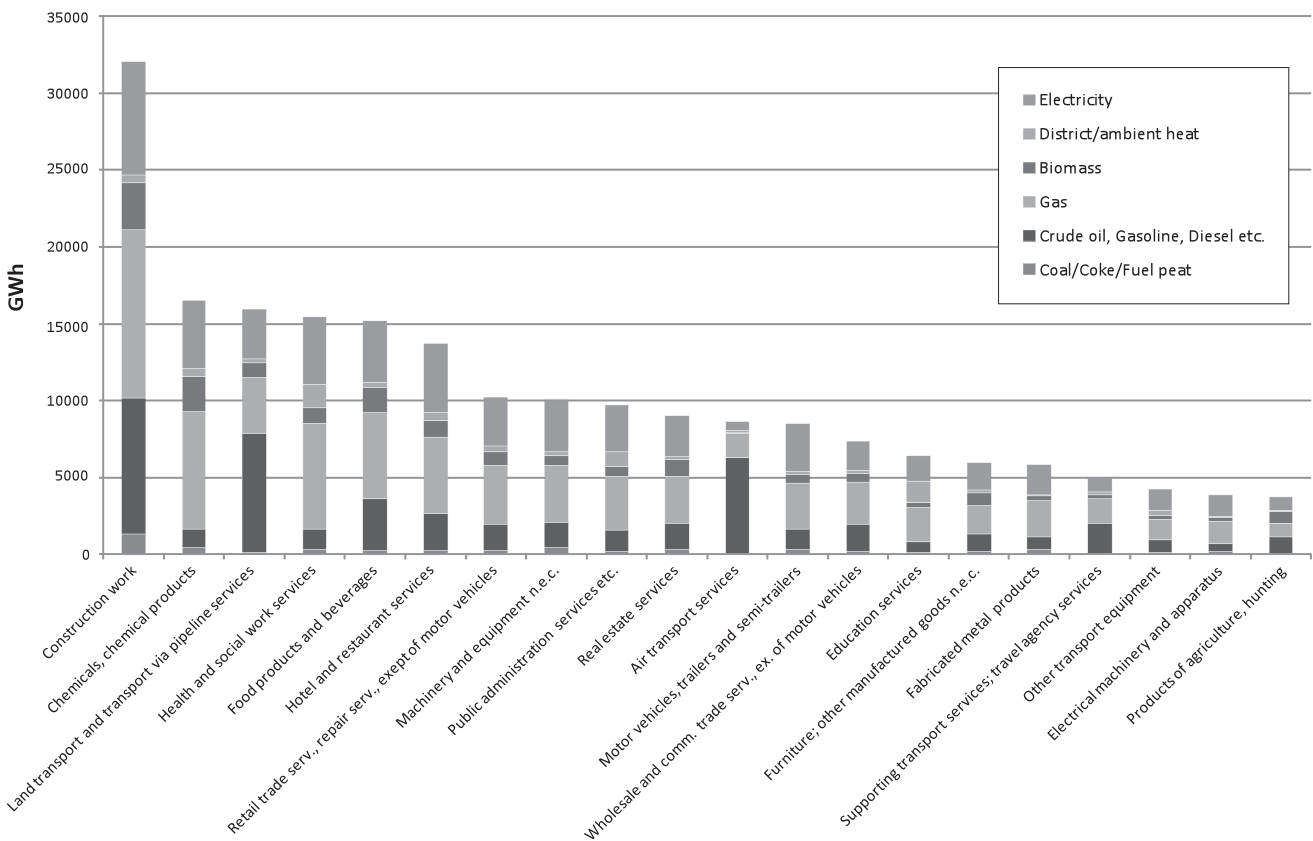


Figure 4 breaks down the embedded final energy into the components of final demand. Around 60% result from private consumption. Figure 5 splits up the embedded energy of private consumption into the most relevant product groups.

⁷ Note that this can be derived from the difference between a consumption and production based view (194 TWh-292 TWh) or the balance of imports and exports of embedded energy (205 TWh-303 TWh).

Figure 4. Composition of embedded final energy in final demand for Austria 2007

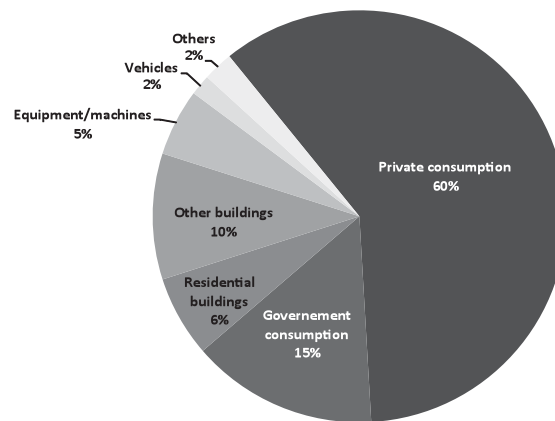
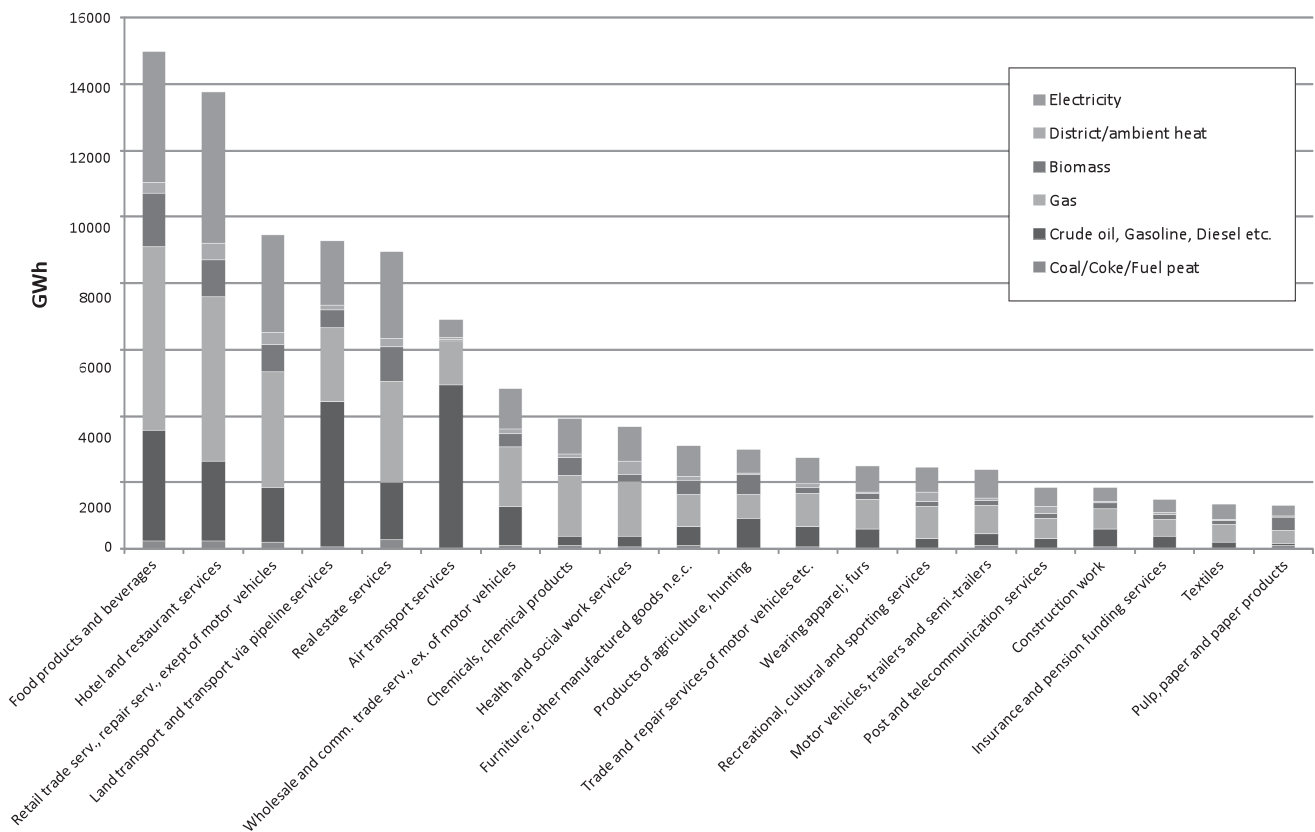


Figure 5. Energy requirement of private consumption for important product groups in Austria 2007



Government consumption accounts for 15% of total energy requirements. Here the product groups education services, health and social work services and public administration services are the most relevant ones. 16% of the energy requirement can be attributed to the investment in buildings. Most of this can be allocated to construction work. Investments in equipment and machines, vehicles and others account for the remaining 9% of total energy demand. It can be concluded that most of the energy demand results from private consumption and is distributed over different product groups. The majority of the energy requirement resulting from government spending can be tracked to three sectors only. The energy demand resulting from investments mainly consists of energy use along the supply chain of construction work.

Detailed discussion on the results would be out of scope for this paper. Instead some further applications are shown to prepare for the actual goal of the modeling which is the integration of more detailed data for a single product into the *Input/Output* framework.

While the model proves to be useful to track down the energy use to the demand for product groups, the aggregation level does not allow to analyze the supply chains to produce these products in detail, which is necessary to identify potentials to reduce the energy demand of these products. This can only be done on the level of process analyses for certain products. In the next section an approach to implement findings of process and life cycle analysis into the presented *Input/Output* framework will be discussed.

5. Integration of Process analyses into the *Input/Output* model

The aggregation level of 57 product groups does not allow to investigate individual products. The technical coefficients in A and the energy intensity vectors, e , are determined by the technical processes within the sectors and the corresponding output weights of these processes. In other words, the coefficients represent a mix of supply chains of all products produced within a sector. The problem is, that each individual product within one sector has its own supply chain which might differ substantially from the average of the sector. This is why the findings of *Input/Output* analyses cannot be directly used to analyze individual products. However the findings of process analyses can be combined with *Input/Output* calculations. This method called Hybrid *Input/Output* analyses has been used to enhance the quality of Life-Cycle-Analysis. Here similar approach to estimate energy conservation potentials for Austria derived from findings in process analysis will be discussed. The method will be illustrated by using one sector and one product as an example. The demand for pulp and paper products of the sector insurance and pension funding will be analyzed to estimate the total energy conservation potentials of measures concerning paper use in this sector.

5.1. Information from *Input/Output* model

The findings of the *Input/Output* model serve as a starting point for the analyses.

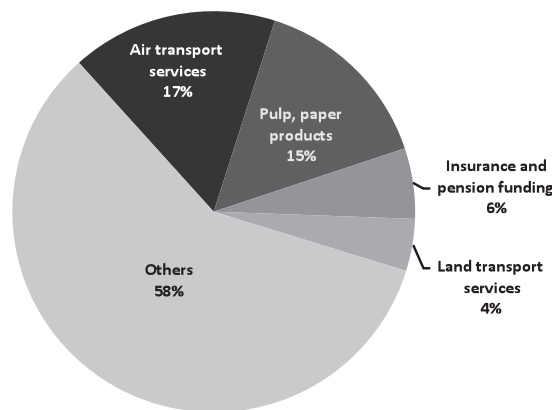
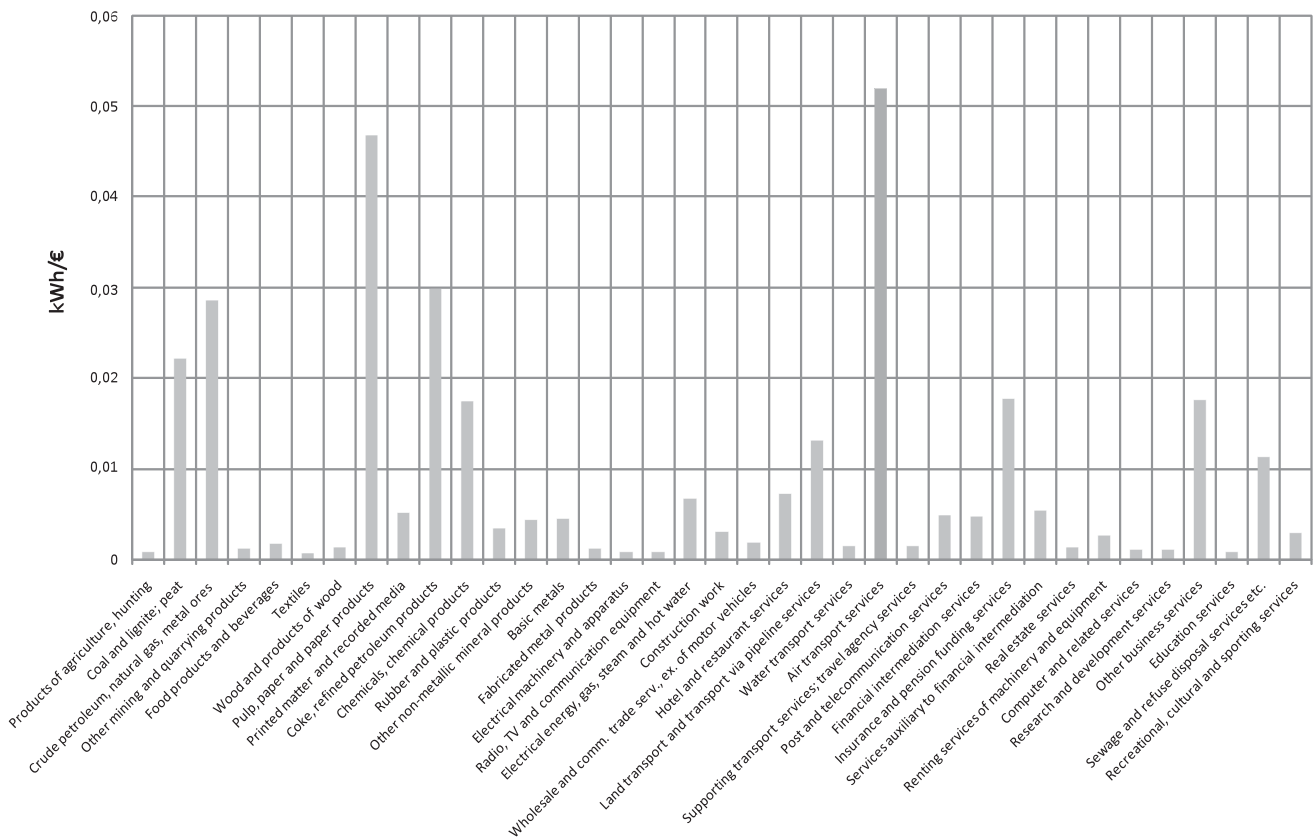
It shows the energy requirement for the production of services worth 1 € from the sector insurance and pension funding. This sector has been chosen because it illustrates the fact, that for some sectors the direct energy inputs⁸ are not always the best measure for total energy demand related to the production of goods and services for final demand. Total energy requirement for 1 € services is 0,32 kWh while the initial data for the energy intensity of the sector without considering the supply chain is only 0,016 kWh/€ total output. Direct energy inputs only account for 6% of total requirement. Most of the energy demand can be traced back to air transport services (17%) and pulp and paper products (15%). The bars on the left show contributions from other sectors. Those figures are derived from the Matrix RE. They correspond to the entries in column 45 which is the index for the insurance sector.

$$RE = \hat{e} \cdot (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} r_{11}e_1 & r_{12}e_1 & \dots & r_{1n}e_1 \\ r_{21}e_2 & r_{22}e_2 & \dots & r_{2n}e_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1}e_n & r_{n2}e_n & \dots & r_{nn}e_n \end{bmatrix}$$

$$RE_{45} = \begin{bmatrix} r_{1,45}e_1 \\ r_{2,45}e_2 \\ \dots \\ r_{57,45}e_{57} \end{bmatrix}$$

⁸ For the case of insurance and pension funding the most important factors for direct energy use is electricity, cooling and heating.

Figure 6. Composition of energy requirements for the insurance sector



Considering the supply chain of this sector one can conclude that there might be more potential to conserve energy looking at the intermediate inputs along the supply chain than considering the direct energy inputs of the sector itself. Here this approach will be illustrated by looking at the pulp and paper use of the sector. Note that the parameters used are just dummy values. The actual values are still to be estimated through further research. Here only the main principle shall be shown.

The effect of two measures will be estimated using the *Input/Output* model.

1. Reduction of energy use in the sector insurance and pension funding.
2. Increased use of recycled paper in the sector.

While the calculation of effects caused by measure 1 is straight forward, estimating effects of measure 2 requires detailed knowledge on the composition of the supply chain, the processes involved and the output weight of those processes. Again it should be stressed, that dummy variables are used that do not reflect the actual condition in the sector.

Additionally it will be assumed that all changes in the structure only occur within the Austrian economy.⁹

5.2. Effect of paper use reduction in the insurance and pension funding sector

The input of paper products (sector 15) to the insurance and pension funding (sector 45) industry is given in the Matrix Z which contains all interindustry activities of the year 2007. $z_{15,45} = 5.358$ Mio€ which means that the insurance sector demanded around 5 million € worth of paper products to produce its services. This could be everything from office paper to brochures or envelopes. Now we suppose that certain measures could lead to a lower need for paper products in the sector. One could think of printing less emails, double sided print outs, increased online marketing instead of printed brochures. The actual potentials has to be estimated through investigations or literature studies. If we assume that the reduction potential is estimated to be 10% of the existing paper use, the total energy conservation potential can be estimated as follows.

$$Z_{15,45}^{new} = Z_{15,45}^{old} \cdot (1 - p_{15,45})$$

$z_{15,45}^{new}$ new input of paper products to insurance sector (4,82 Mio€).

$z_{15,45}^{old}$ old input of paper products to insurance sector (5.358 Mio€).

$p_{15,45}$ reduction potential of paper products in the insurance sector (10%).

Those new input entries translate into a new technology coefficient $a_{15,45}$, which again leads to a new Leontief inverse¹⁰ The change in output also leads to changes in the energy demand of the whole economy. The following equation illustrates this relationship. Note that only one entry in the technology matrix has changed in A^{new} compared to A^{old} .

$$E = \hat{e} \cdot (I - A^{new})^{-1} \cdot Y$$

Here it should be noted, that the demand reduction of the insurance sector does not only affect the sector itself. Through the interdependence of the sectors all sectors are affected which is represented in the new Leontief inverse. Figure 7 illustrates this effect by plotting the changes in total requirement coefficients r_{ij} resulting from the reduction of a single technical coefficient $a_{15,45}$. Note that a positive value in the figure indicates that the new coefficient is lower than the old one. The coefficients along column 45 $r_{i,45}$ change because the insurance sector becomes more efficient. Lower requirement of paper also leads to lower requirement of other products related to paper production. For example also the coefficients $r_{36,45}$ and $r_{39,45}$, representing inputs from retail services and land transport services, are significantly lower than in the original R matrix. The changes in row 15 $r_{15,j}$ represent lower demand for pulp and paper products from other sectors. This effect might seem wrong at first sight because demand for paper products of other sectors did not change. The explanation is that the lower coefficients are a result of the fact, that all other sectors demand inputs from the insurance sector. If the insurance sector reduces its need for paper products total paper demand of all other sectors that demand insurance services declines as well. This finding illustrates the complex linkages that arise when all inputs are attributed to the production of products for final demand.

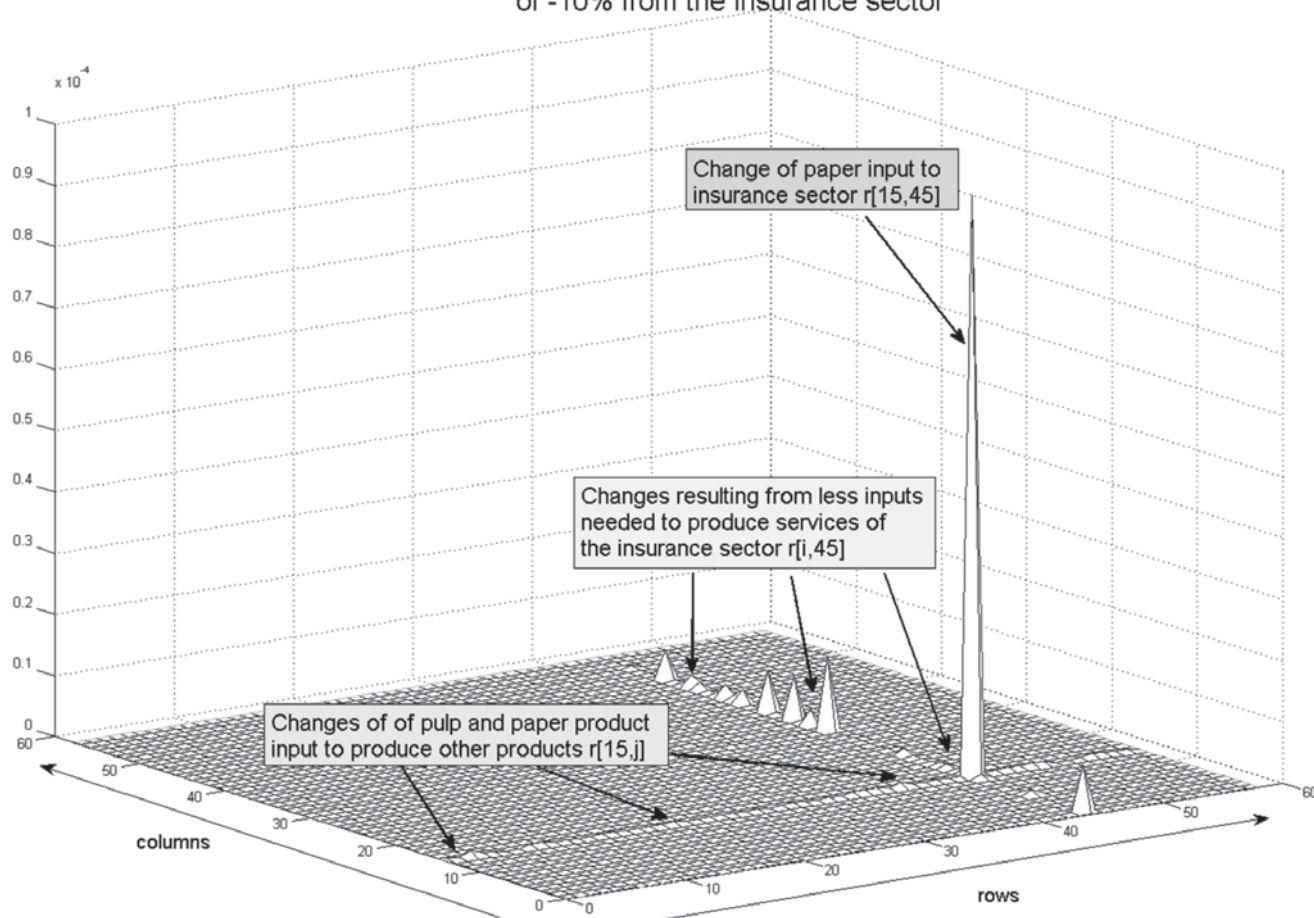
⁹ Theoretically, expanding the analyses to changes in the rest of the world can be done in the same manner. Also it should be noted that changes within the Austrian economy affects the foreign economies through changes in the structure of imported intermediate goods given by: $e^f \cdot A^{dimp} \cdot (I - A^d)^{-1} \cdot (I - A^f)^{-1} \cdot Y^d$.

¹⁰ $a_{15,45}^{old} = 8,97 \cdot 10^{-4}$.

$a_{15,45}^{new} = 8,08 \cdot 10^{-4}$.

Figure 7. Changes in total requirement coefficients r_{ij}

Changes in total requirement coefficients resulting from a change in paper demand of -10% from the insurance sector



To calculate the change in energy requirement the new total requirement matrix has to be connected with the energy intensities that stay unchanged to get the new energy requirement matrix RE and multiplied with the initial final demand vector. The total energy reduction consists of two main effects. First there is a reduction in domestic energy needs and second there is also an effect on imported intermediate goods because there are less imports needed to produce domestic products.

In total, the reduction of paper demand would lead to final energy savings of 2,25 GWh/year for the whole economy. Domestic energy needs are reduced by 1,6 GWh and embedded energy in imported intermediate goods is reduced by 0,65 GWh. The reduction can be further split up into energy carriers which will not be done here. Once again it should be pointed out that only one coefficient has changed as a result of reduced need for an intermediate input of one sector. The effects are plausible and also the implementation into the *Input/Output* model is straight forward. Of course, the potential to reduce intermediate inputs has to be investigated. Furthermore the following question arises: If there were potentials for input reductions in the economy, why are they not realized already? However as research on energy efficiency has shown, there are potentials to conserve energy that could be economically exploited. So, one could argue that there are also potentials to reduce certain inputs. Identifying those potentials will be subject to further research. Here it has been shown, that *Input/Output* analyses can serve as a tool to estimate the total impact of input reductions on the whole economy and on energy requirements.

In the next section the integration of products that are less energy intensive and that also lead to changes in the direct input structure will be discussed using the example of increased use of recycled office paper.

5.3. Effect of increased use of recycled paper in the insurance and pension funding sector

In this section the attempt to integrate results from process analyses will be illustrated. The assumptions here are very simplified and only the main principle of the approach shall be shown.

In a study conducted by IFU Heidelberg¹¹ the energy requirement for recycled copying paper and copying paper made of virgin fibre were analysed within a process analyses. The data used reflects German conditions. The conclusion was that primary energy demand was more than 50% less for recycled paper resulting from lower energy needs for transportation and for pulp production. The production of the paper itself was considered to be equal with respect to energy requirements for pulp made of virgin fibre and recycled paper. Here we want to integrate the effect of reduced energy demand in the pulp and paper industry assuming that the insurance industry was to satisfy all its paper demand with recycled paper. The effects of changes of transport requirements will not be considered here.

The assumptions are as follows:

- The insurance industry will increase the share of recycled paper from 20% to 100% of its total paper consumption.
- The supply chain for all types of paper used in the insurance industry is equal.
- The input structure of the pulp and paper industry changes from inputs of products of forestry (sector 2) and wood and products of wood (sector 14) to sector recovered secondary raw material (sector 31) so that total monetary input to the pulp and paper industry (sectors 15) stays constant. This is equivalent to the assumption that the price of recovered paper and virgin fibre out of wood is equal with respect to paper output.
- Paper prices are assumed to be equal throughout all industries.
- Paper made of virgin fibre requires 25% more final energy than recycled paper in the pulp and paper industry. The energy intensity of all other industries does not change.

Again the relevant processes are represented in the technical coefficients that are given by the intermediate inputs related to total output of an industry. As Pan (2007) pointed out the coefficients can be seen as a mix of processes which can be described as:

$$a_{ij} = a_{ij}^0 \frac{X_j^0}{X_j^0 + X_j^n} + a_{ij}^n \frac{X_j^n}{X_j^0 + X_j^n}$$

a^0 and X^0 represent the old process and the corresponding output produced and a^n , X^n represent new processes. This approach will be applied to estimate the change in the input structure of the relevant sectors. First the share of sales of pulp and paper products to the insurance sector has to be considered. This can be done by dividing the sales to sector 45 by the sum of sales to all sectors plus the sales to final demand, which is around 0,3%.

$$s_{15}^{45} = \frac{z_{15,45}}{\sum_{j=1}^{57} z_{15,j} + y_{15}} = 0.3 \%$$

Assuming that all other sectors do not change their paper demand and assuming that 20% of those deliveries have already been recycled paper, only 0,24% of the paper production is affected. If we assume that the input structure of the pulp and paper industry changes by this percentage the result is that inputs worth of 1,09 Mio€ are shifted from the sectors 2 (forestry) and sector 14 (wood) towards the sector *secondary raw materials* (sector 31). This in turn results into new input coefficients. Even without considering the reduced energy demand of the pulp and paper industry this shift leads to savings of 0,5 GWh/year. This is because sector 31 is less energy intensive than sector 2 and 14.

¹¹ See Gromke, Detzel (2006).

Estimating the effect of the reduced energy intensity resulting from the increased production of recycling paper can be done by multiplying the new energy intensity with total sales of paper products to the insurance industry.

$$E_{15,45}^{old} = e^{old} \cdot Z_{15,45} = e^{recyc} \cdot Z_{15,45} \cdot p^{recyc} + e^{virg} \cdot Z_{15,45} \cdot (1 - p^{recyc})$$

Assuming that the energy intensity to produce paper out of virgin fibre is 25% higher than for recycling paper and that the share of recycling paper used in the insurance sector grows from 20% to 100% the new intensity for deliveries to the insurance sector is e^{recyc} .

$$e^{virg} = 1.25 \cdot e^{recyc}$$

$$e^{recyc} = \frac{e^{old}}{1.25 - 0.25 p^{recyc}}$$

- $E_{15,45}^{old}$ direct energy requirement to deliver paper to insurance sector in base case [kWh]
- e^{virg} energy intensity to produce paper out of virgin fibre [kWh/€]
- e^{recyc} energy intensity to produce recycling paper [kWh/€]
- e^{old} energy intensity in the base case [kWh/€]
- $Z_{15,45}$ delivery of paper products to insurance sector
- p^{recyc} share of recycling paper in the insurance sector

The savings in direct energy inputs to the pulp and paper industry are therefore given by:

$$\Delta E = e^{old} \cdot Z_{15,45} - e^{recyc} \cdot Z_{15,45}$$

This would result in savings of 10,9 GWh/year. Under these assumptions 11, 4 GWh/year could be conserved if the insurance sector would increase its share of recycling paper from 20% to 100%. The main savings arise because of savings in direct energy use from the pulp and paper industry due to the fact that pulp production from collected waste paper is less energy intensive than production from virgin fibre. The changes in the input structure from forestry and wood products towards secondary raw materials only accounts for a small amount of the energy savings.

It should be noted that this is a very simplified implementation of results from process analyses. A lot of assumptions have been made to integrate those simplified results. To get robust empirical results, detailed data has to be collected and the assumptions have to be evaluated carefully. This will be further discussed in the upcoming research but is out of scope for this paper.

6. Conclusions

In this paper an approach towards estimating embedded final energy demand has been presented. It has been shown that energy flows on country level can be described using *Input/Output* analysis. Preliminary results have revealed that Austria is a net importer of final energy embedded in products and that total final energy requirements are 33% higher from a consumption perspective than in conventional statistics that use a production based view.

Tracking down energy flows to the demand of final products can be done on aggregated level. However the aggregation level of 57 products groups is too high to estimate effects on product level. Process analyses have to be used which are very data intensive and typically only account for the most important processes involved. The integration into *Input/Output* tables would be a way to combine the detailed findings of process analyses with additional aggregated data to estimate total effects on the economy. However, the integration requires making substantial assumption and calls for additional data on output shares and the classification of process.

The approach presented here is a simplified version which can be used for crude estimations but cannot reflect the full complexity of the processes and supply chains involved in the production of goods and services. On the other hand, the interconnections between industries can be illustrated but cannot be done with conventional process analyses.

7. References

- BEDNAR-FRIEDL, B.; MUÑOZ JARAMILLO, P.; SCHINKO, T.; STEININGER, K. (2010): «The Carbon Content of Austrian Trade Flows in the European and International Trade Context», *FIW Research Reports 2009/10*, n.º 05.
- GROMKE, U.; DETZEL, A. (2006): *Ökologischer Vergleich von Büropapieren in Abhängigkeit vom Faserrohstoff*, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg.
- HERENDEEN, R.A. (1978): «Input/Output techniques and energy cost of commodities», *Energy Policy* 6, 162-165.
- HERENDEEN, R.A. (1981): «Energy intensities in ecological and economic systems», *Journal of Theoretical Biology* 91, 607-620.
- KRATENA, K.; MEYER, I. (2010): «CO₂ Emissions Embodied in Austrian International Trade», *FIW Research Reports 2009/10*, n.º 02.
- LENZEN, M. & DEY, C. (2000): «Truncation error in embodied energy analyses of basic iron and steel products», *Energy* 25, 577-585.
- LENZEN, M. (2003): «Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy», *Structural Change and Economic Dynamics* 14, 1-34.
- LENZEN, M. (2007): «Structural path analysis of ecosystem networks». *Ecological Modelling* 200, 334-342.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. (2009): *Input/Output Analysis: Foundations and Extensions*, Cambridge University Press, UK.
- MINX, J.C.; WIEDMANN, T.; WOOD, R.; PETERS, G.P.; LENZEN, M.; OWEN, A.; SCOTT, K.; BARRET, J.; HUBACEK, K.; BAIOCCHI, G.; PAUL, A.; DAWKINS, E.; BRIGGS, J.; GUAN, D.; SUH, S.; ACKERMAN, F. (2009): «Input/Output Analysis and Carbon Footprinting: An overview of applications», *Economic System Research*, 21:3, pp. 187-216.
- PAN, H.; KÖHLER, J. (2007): «Technological change in energy systems: Learning curves, logistic curves and Input/Output coefficients», *Ecological Economics*, pp. 750-758, Elsevier.
- PETERS, G.; SOLLI, C. (2010): *Global carbon footprints: methods and import/export corrected results from the Nordic countries in global carbon footprint studies*.
- REINDERS, A.H.M.E.; VRINGER, K.; BLOK, K. (2003): «The direct and indirect energy requirement of households in the European Union», *Energy Policy*, pp. 139-153, Elsevier.
- RUEDA-CANTUCHE, J.M. (2011): «Comparison of the European Carbon Footprint (2000-2006) from three different perspectives within a multi-regional framework: new empirical evidences», in V. COSTANTINI, M. MAZZANTI and A. MONTINI (eds.): *Hybrid Economic-Environmental Accounts*, Routledge Studies in Ecological Economics, Oxford, UK.
- SERRANO, M.; DIETZENBACHER, E. (2008): *Responsibility and trade emission balances: two approaches for the same concept?*, International Input/Output Meeting on Managing the Environment, Seville-Spain.
- TUKKER, A.; HUPPERS, G.; OERS, L. v.; HEIJUNGS, R. (2006): «Environmentally extended Input/Output tables and modes for Europe», *Technical Report Series-European Commission*, Joint Research Centre, Report EUR 22194 EN.

Cuantificación de escenarios de emisiones de CO₂. El caso del País Vasco

Presentado por Iñaki Arto

Investigador del Institute for Prospective Technology Studies - Joint Research Centre de la Comisión Europea

En este texto se presenta una descripción de un modelo *Input/Output* desarrollado para la cuantificación de escenarios de emisiones de CO₂ en el marco de la lucha contra el cambio climático a escala regional. El modelo relaciona el nivel de actividad económica con las emisiones de CO₂ y los flujos de materiales y energía que las generan. El modelo permite cuantificar los efectos en términos de CO₂, empleo y PIB de una gran variedad de políticas. Este modelo fue utilizado en la elaboración del Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático 2008-2012.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Naciones Unidas, 1992) es el elemento central de los esfuerzos mundiales para combatir el calentamiento global. Fue aprobada en junio de 1992 en la Cumbre de la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, y entró en vigor el 21 de marzo de 1994. El objetivo de dicha Convención es, en última instancia, la «estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático».

El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Naciones Unidas, 1998) refuerza las medidas internacionales en respuesta al cambio climático. Aprobado por consenso en el tercer período de sesiones de la Conferencia de las Partes en diciembre de 1997 y en vigor desde el 16 de febrero de 2005, este acuerdo contiene objetivos concretos en relación con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para algunos países. En este contexto, los estados miembros de la Unión Europea (UE-15) deberán reducir conjuntamente sus emisiones de GEI en un 8% entre los años 2008 y 2012, respecto al nivel de emisiones de 1990. Este esfuerzo de reducción fue repartido en 2002 entre los entonces 15 países miembros de la Unión Europea, correspondiendo a España la posibilidad de incrementar sus emisiones en un 15% respecto a sus emisiones del año 1990 (Consejo de la Unión Europea, 2002).

Este objetivo no ha sido trasladado a las regiones españolas de tal forma que su cumplimiento no tiene carácter preceptivo a escala regional. En cualquier caso, y a pesar de que la lucha contra el cambio climático excede sus competencias, la trascendencia del tema ha llevado a que varias de las comunidades autónomas españolas lo hayan añadido a su agenda política. Un ejemplo de esta situación es el Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático (PVLCC) elaborado por el Gobierno Vasco en 2008. Este plan establece un total de 120 medidas orientadas a contribuir a la lucha contra el cambio climático desde el ámbito del País Vasco, estableciendo como objetivo que el promedio de las emisiones del período 2008-2012 no supere en más de un 14% las emisiones del año base¹.

Un aspecto clave en la elaboración de las estrategias y planes de lucha contra el cambio climático es la cuantificación de las desviaciones de las emisiones respecto a los objetivos fijados, atendiendo a dife-

¹ Las emisiones del año base están calculadas a partir de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de 1990 y las emisiones de HFC's, PFC's y SF6 de 1995 (Gobierno Vasco, 2008).

rentes escenarios macroeconómicos y políticas de lucha contra el cambio climático, para lo cual es habitual la utilización de modelos E3 (energy-environment-economy).

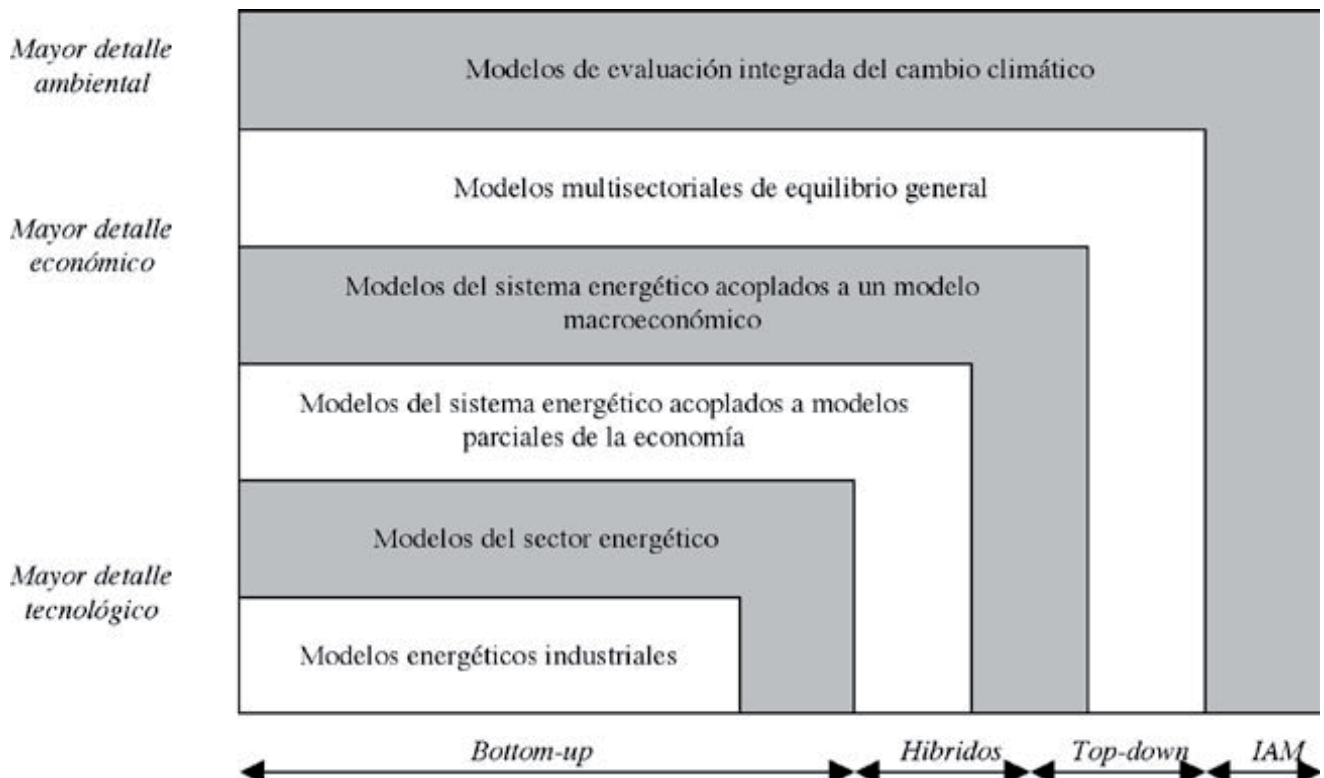
1. Metodología

La modelización ha sido utilizada como herramienta en la planificación energética desde mediados de la década de los 70 del siglo xx. La preocupación por el agotamiento de los recursos y la vulnerabilidad a los shocks de precios del petróleo desembocaron en una generalización en la utilización de modelos energético-económicos formales (Kydes, 1995).

Más recientemente, la preocupación por el calentamiento global y su estrecha relación con el consumo de energía han conducido a la ampliación de estos modelos económicos-energéticos para tener en cuenta la variable ambiental. De esta forma se facilita el análisis de las interrelaciones existentes entre la actividad económica, el consumo de energía y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero. Se trata de los modelos E3 (energy-economy-environment), cuya principal utilidad es la de «anticipar posibles problemas futuros, facilitando la búsqueda de soluciones en el presente» (Hidalgo, 2005).

La mayor parte de los modelos E3 han sido diseñados para simular u optimizar (dependiendo del tipo de modelo) el impacto de políticas económicas clásicas, como la introducción de subsidios, cambios impositivos o creación de mercados. Se trata, por tanto, de modelos que tienen en precios y costes a las principales fuerzas motrices. Sin embargo, estos modelos se muestran a menudo insuficientes a la hora de evaluar el impacto de las políticas no económicas, cada vez más habituales y relevantes.

Tabla 1. Clasificación modelos 3E



Fuente: Hidalgo (2005).

A día de hoy se cuentan por decenas los modelos E3 que se han desarrollado en todo el mundo.

Una clasificación típica de los modelos E3 es la seguida por Hidalgo (2005). Este autor apunta un total de 45 modelos clasificados en 4 categorías:

- Ingenieriles (bottom-up) del sector energético o de un sector industrial: estos modelos representan con detalle un sistema energético, considerándolo como un conjunto de tecnologías de producción, distribución y demanda final de energía que compiten entre sí.
- Híbridos con un enfoque mixto económico-ingenieril, que acoplan un modelo del sector energético a uno global o parcial de la economía de tal forma que permiten representar las interacciones entre el sistema energético y el resto de la economía.
- De enfoque económico (top-down) que representan a todos los sectores de la economía: se trata de modelos de equilibrio general computable que consideran el equilibrio simultáneo de todos los mercados, tanto de bienes y servicios como de factores productivos.
- De evaluación integrada del cambio climático (IAM: integrated assessment models of climate change) que acoplan un modelo económico a modelos climáticos, ecológicos, e incluso sociales.

Para el caso que nos ocupa, el objetivo del modelo que se va a desarrollar es cuantificar los efectos de diversas políticas de lucha contra el cambio climático en las emisiones de los diferentes sectores de una economía regional. Atendiendo a estas circunstancias, se ha optado por un modelo de simulación, en detrimento de uno de optimización, pues este tipo de modelos son los más adecuados para analizar los efectos de unas políticas determinadas (Hidalgo, 2005).

Por otro lado, las medidas a modelizar no pertenecen al ámbito de la política económica clásica, sino que más bien podríamos calificarlas como medidas «ingenieriles». Es por esto que, dentro de los métodos de simulación y siguiendo la clasificación establecida por Hidalgo (2005), se ha elegido un modelo híbrido entre los ingenieriles (bottom-up) y los de enfoque económico (top-down), que acople a un modelo parcial de la economía un modelo detallado de los principales emisores de CO₂.

A la hora de optar por una metodología de modelización se ha considerado que las técnicas *Input/Output* económico ambientales resultan adecuadas para el objeto de análisis, pues son especialmente apropiadas para la formulación de escenarios de simulación de los efectos socioeconómicos y ambientales de las políticas públicas (Giljum, 2007). La definición sectorial de la estructura económica y relativa simplicidad de las tablas *Input/Output* y la posibilidad de combinación con cuentas satélite de flujos de energía y emisiones, hacen de los modelos *Input/Output* un marco analítico que ilustra claramente las interdependencias no sólo entre los sectores de la economía, sino también entre economía, energía y medio ambiente (Cruz *et al.*, 2005). Por todo esto, y considerando el horizonte temporal de las simulaciones² (2006-2012), el nivel de desagregación de los resultados deseado (25 sectores productivos + residencial) y el tipo de políticas a modelizar, se ha optado por un modelo *Input/Output* que describe en detalle los sectores más relevantes desde la óptica del cambio climático en el País Vasco (principalmente sector energético y transporte³).

El análisis *Input/Output* fue desarrollado en los años 30 del pasado siglo por Wassily Leontief con el objetivo de proporcionar un soporte empírico para el estudio de las relaciones existentes entre los diferentes componentes de una economía sobre la base de la teoría del equilibrio general (Leontief, 1936).

La aplicación del análisis *Input/Output* a temas ambientales se remonta a los años 60 y 70 del siglo xx. La creciente preocupación de la época por los problemas ambientales ligados al crecimiento económico provocó que un importante grupo de economistas dirigiese sus esfuerzos al análisis de esas interacciones entre economía y medio ambiente. Cumberland (1966) incluyó por vez primera los beneficios y costes ambientales asociados a la actividad económica en un modelo *Input/Output*. Para ello añadió a la tabla *Input/Output* tradicional una serie de filas que incluían los beneficios y costes ambientales y un conjunto de columnas que recogían el coste de restauración del medio ambiente. Dos años más tarde, Daly (1968) propuso la utilización del modelo desarrollado por Leontief como herramienta para dar respuesta a la cuestión de cómo integrar el mundo de los productos en la más amplia economía de la naturaleza. Isard *et al.* (1968) e Isard (1969) desarrollaron un marco conceptual basado en el tradicional análisis *Input/Output* que trataba de representar las relaciones existentes entre los sistemas económicos

² El reducido horizonte temporal del análisis relaja las consecuencias de la asunción de tecnologías constantes subyacente a los modelos *Input/Output* estáticos.

³ Estos dos sectores representaban en 2005 cerca del 64% de las emisiones de CO₂ del País Vasco (Gobierno Vasco, 2006).

y ecológicos. Ayres y Kneese (1969) por su parte, utilizaron el análisis *Input/Output* para desarrollar un modelo formal que, partiendo del balance de flujo de materiales, relacionaba los flujos de residuos de una economía con un modelo de equilibrio general de asignación de recursos, alterado para incluir las actividades de reciclaje y los servicios ambientales. El propio Leontief y Ford presentaban en 1970 una propuesta para integrar en el análisis *Input/Output* la generación y eliminación de contaminantes. También cabe destacar el modelo *Input/Output* desarrollado por Victor (1972) para Canadá, que incluye cuentas satélite tanto para el consumo de recursos naturales como para la generación de residuos en la producción y en el consumo.

Años más tarde, Pearson (1986) fue pionero a la hora de utilizar técnicas *Input/Output* para analizar el problema de las emisiones de CO₂. Posteriormente, Proops *et al.* (1993) y Cruz (2004) han utilizado modelos *Input/Output* para analizar las opciones de reducción de las emisiones de CO₂ en Alemania y Reino Unido, y Portugal, respectivamente. Estos modelos permiten simular los efectos directos e inducidos de la evolución de la demanda final sobre las cadenas de producción, determinando el volumen de producción y las demandas de *inputs* productivos necesarios, y, en particular, de *inputs* energéticos. A partir del consumo energético resultante se introducen cambios en diferentes variables como pueden ser el mix o la intensidad energéticas. Posteriormente, mediante la aplicación de los factores de emisión propios de cada fuente de energía, se obtiene el volumen de emisiones de CO₂.

2. El modelo

El modelo que aquí se presenta constituye una evolución de los utilizados por Proops *et al.* (1993) y Cruz (2004), pero con modificaciones significativas:

- A diferencia del modelo de Proops *et al.*, el presente modelo permite analizar los efectos inducidos de las políticas de lucha contra el cambio climático. En última instancia esto supone analizar los efectos que en la matriz de coeficientes técnicos (A) tiene la implementación de políticas am-

Tabla 2. Variables modelizadas

Submodelos	Variables
Sectores productivos	
<i>Industria y servicios</i>	
Combustión en industria y servicios Procesos	Mix, intensidad energética y factores de emisión Factor de emisión por unidad de producto
<i>Transporte de mercado</i>	
Transporte de mercado	Ocupación, distancia media, parque de vehículos, velocidad, eficiencia del motor, mix
<i>Producción de electricidad</i>	
Centrales térmicas	Potencia instalada, rendimiento, mix energético, factores de emisión, horas de funcionamiento
Cogeneración	Potencia instalada, rendimiento, mix energético, factores de emisión, horas de funcionamiento
Energías renovables	Potencia instalada, horas de funcionamiento
Otros	Pérdidas en la red de distribución
Residencial	
Combustión en hogares	Mix, eficiencia energética y factores de emisión
Uso del vehículo privado	Ocupación, distancia media, parque de vehículos, velocidad, eficiencia del motor
Solar térmica	Potencia instalada, horas de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia.

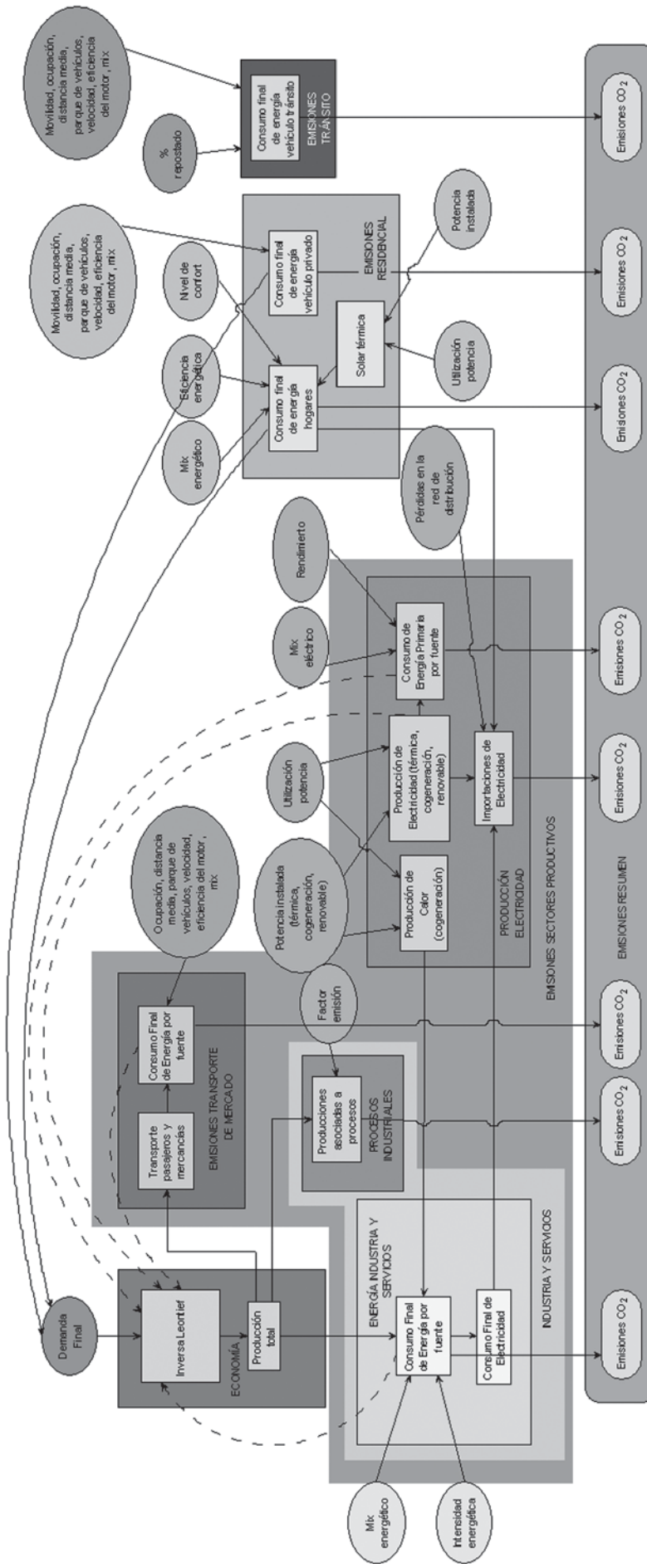
bientales (p.ej. una política que conduzca a una mejora en la intensidad energética reducirá, ceteris paribus, de forma directa las emisiones de CO₂ para un nivel determinado de producción, pero también tendrá un efecto inducido en el nivel de emisiones al disminuir la demanda intermedia de energía).

- Por otra parte, además de las variables modelizadas habitualmente (mix e intensidad energéticos), se han modelizado detalladamente otras variables de los sectores más relevantes desde la perspectiva de las emisiones de CO₂. De esta forma se posibilita la simulación del efecto de un amplio abanico de medidas. La tabla 2 muestra un resumen de las principales variables modelizadas en cada uno de los submodelos. Entre estas variables se encuentran las siguientes. Para los sectores industrial y servicios: el mix y la intensidad energéticos, los factores de emisión por tipo de combustible y los factores de emisión para las emisiones no energéticas. Para el transporte de mercado: el nivel de ocupación, la distancia media, el parque de vehículos, la velocidad, la eficiencia del motor y el mix energético. Para la producción de electricidad: la potencia instalada, el rendimiento, el mix energético, los factores de emisión por tipo de combustible, las horas de funcionamiento y las pérdidas en la red de distribución. Para el sector residencial: el mix y la eficiencia energéticos, los factores de emisión, la potencia instalada y las horas de funcionamiento de la energía solar térmica, y el nivel de ocupación, la distancia media, el parque de vehículos, la velocidad y la eficiencia del motor para el uso del vehículo privado.
- Asimismo, para el caso de la producción de electricidad, el modelo permite plantear escenarios no sólo de demanda sino también de oferta. Por un lado, al igual que hacen Proops *et al.* (1993), se determina la demanda de electricidad tomando como variables exógenas la demanda final de la economía y el consumo de electricidad del sector residencial. Sin embargo, a diferencia de lo que proponen estos autores, la oferta de electricidad no va a ser igual a la cantidad demandada, sino que se va a fijar de manera exógena. De esta forma se permite simular los efectos del establecimiento de límites en el nivel de operación de cada tecnología. La diferencia entre oferta y demanda se satisface por medio del comercio exterior de electricidad.

El modelo está estructurado en cinco bloques diferenciados (Figura 1):

- El primero de estos bloques correspondería al submodelo de la «**Economía**», representado por la ecuación de Leontief. Este submodelo determina el nivel de producción de cada rama de actividad en función de la demanda final. Este submodelo está relacionado con el resto por dos vías:
 - Por un lado en él se determina el nivel de actividad de cada uno de los sectores productivos como función de la demanda final. En última instancia, este nivel de producción llevará asociado un consumo de energía y, en consecuencia, un determinado volumen de emisiones.
 - Como se verá, algunas de las diferentes medidas que se adopten en el resto de submodelos tendrán un efecto en la matriz tecnológica *A* y, en consecuencia, en la ecuación de Leontief.
- En el bloque de «**Emisiones-Sectores productivos**» se incluyen las variables clave para la determinación de las emisiones de CO₂ de los sectores productivos. Los submodelos utilizados determinar las emisiones de CO₂ de los sectores productivos de la economía son «Industria y servicios», «Transporte» y «Producción de electricidad»:
 - «Industria y servicios»: incluye a su vez dos submodelos que recogen las emisiones de CO₂ asociadas tanto al consumo energético en la industria (excepto la rama de producción de electricidad) y los servicios (excepto transporte), así como las emisiones de CO₂ asociadas a los procesos industriales.
 - «Energía industria y servicios»: recoge el consumo de energía y las emisiones de CO₂ de los sectores productivos (excepto transporte y sector eléctrico).
 - «Procesos industriales»: establece el nivel de emisión de los distintos productos cuyos procesos de fabricación llevan asociados emisiones no energéticas de CO₂.
 - «Transporte»: calcula el consumo energético y las emisiones de CO₂ de dicho sector en función del nivel de movilidad asociado al grado de actividad de la economía. Se muestra cómo se han modelizado las emisiones del transporte de mercancías y pasajeros por carretera. Quedaría

Figura 1. Resumen del Modelo de Emisiones de CO₂



Nota: Las flechas con trazos discontinuos representan los efectos inducidos que las políticas de lucha contra el cambio climático tienen en la economía.
Fuente: Elaboración propia.

fuera del alcance de este submodelo el realizado por los hogares en vehículo propio, que es modelizado aparte.

- «Producción de electricidad»: en este submodelo se determina de forma exógena la producción de electricidad en centrales térmicas, instalaciones de cogeneración y por energías renovables. A partir de la producción de electricidad y otras variables fijadas de forma exógena se calcula el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂. También se calcula la cantidad de electricidad importada como diferencia entre consumo y producción de electricidad, teniendo en cuenta las pérdidas en la red de distribución.

—El bloque de «**Emisiones-Sector residencial**». De acuerdo con las medidas recogidas en la política energética vasca, en el caso del sector residencial se han modelizado las emisiones asociadas a los procesos de combustión producidos en los hogares, las emisiones producidas por la combustión de carburantes en el uso del vehículo privado y el uso de energía solar térmica. Analiza la demanda de energía en tres submodelos:

- «Combustión en hogares»: recoge la demanda de energía para la combustión en los hogares y las emisiones de CO₂ asociadas a ésta. La variable exógena va a ser el gasto real en energía de los hogares.
- «Uso del vehículo privado»: calcula el consumo energético y las emisiones de CO₂ asociadas al uso del vehículo privado en función de una serie de variables exógenas. La modelización del cálculo de las emisiones asociadas al uso del vehículo privado difiere de la realizada para el transporte de mercancías y pasajeros por carretera en que el nivel de movilidad en este último caso era endógeno, mientras que ahora va a ser exógeno. Es decir, el número de viajeros no va a ser determinado en base al modelo input-output, sino que, al igual que se hace con la demanda de otros bienes, será una de las variables sobre las que se establecerán los escenarios.
- «Solar térmica»: recoge la producción de energía solar térmica en los hogares. Suele emplearse para calentar agua de uso sanitario, sustituyendo el uso de otros combustibles en calderas convencionales y, por tanto, contribuyendo a reducir el nivel de emisiones.

—En el bloque «**Emisiones-Tránsito**» se determina el consumo energético y las emisiones de CO₂ asociadas a los vehículos en tránsito que repostan en el territorio nacional. Además, debido a la situación geográfica de la región y al diferencial de precios de los hidrocarburos respecto a Francia, el volumen de vehículos de tránsito que repostan en el País Vasco es elevado. Es por eso que se ha incluido una modelización de esas emisiones.

—Por último, el bloque «**Emisiones-resumen**» recoge las emisiones de CO₂ de los diferentes submodelos (este bloque no es más que un resumen de los resultados de los otros submodelos).

3. Aplicación al caso del País Vasco

Para el calibrado del modelo se ha utilizado la información contenida en las tablas *Input/Output* del País Vasco (EUSTAT, 2007) en conjunción con los datos recogidos en la contabilidad de flujos de materiales y energía. De esta forma se ha conseguido construir un sistema de contabilidad económico-ambiental estructurado, que permite la modelización de las interacciones entre economía, energía y medio ambiente.

Esta información se ha combinado con datos de movilidad provenientes de diferentes estudios del Gobierno Vasco (Juan-Dalac *et al.*, 2004 y 2005) y del Sistema de Información del Transporte-SIT⁴ del Observatorio del Transporte de Euskadi (OTEUS).

El modelo fue calibrado para el año 2000, pues este era el último año para el cuál estaban disponibles las tablas *Input/Output*. Una vez calibrado el modelo se ejecutó aplicando a las variables modelizadas los datos del año 2004. Para el submodelo del consumo de energía en los sectores industrial y servicios (que representa el 70% de las emisiones) la desviación entre las emisiones estimadas y las reales fue del 0,21%, mientras que no hubo errores en la estimación de las emisiones de los sectores residencial y eléctrico (debido a la forma en que están modelizados).

⁴ <http://www1.euskadi.net/sistrans/indice.apl?idioma=c>

El punto de arranque del modelo lo proporcionan las tasas previstas de crecimiento de los componentes del PIB del País Vasco (consumo público y privado —excepto uso del vehículo privado—, formación bruta de capital, exportaciones e importaciones). Para la evolución de estos agregados económicos se han tomado como punto de partida las proyecciones de la Dirección de Economía del Gobierno Vasco hasta 2009 y para los años posteriores las estimaciones realizadas por el Centro de Predicción Económica (CEPREDE) de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) para el conjunto de la economía española. Finalmente, se ha estimado la parte de consumo privado y público, inversión y exportaciones que es cubierta con producción local mediante un ajuste que tiene en cuenta el crecimiento relativo de las importaciones. Para el caso del uso del vehículo privado y el transporte de tránsito se han utilizado datos históricos de la evolución por tipo de trayecto y vehículo.

Se han considerado dos sendas alternativas de evolución del cuadro macroeconómico vasco. La primera, que se utiliza como escenario tendencial o *Básico*, implica un crecimiento alto para los años 2006-2008, similar al experimentado en el quinquenio 2000-2005, seguido por un ciclo recesivo que se inicia en 2009 y que dura hasta 2012. La segunda hipótesis (*Shock*), prevé una mayor recesión económica a partir del año 2009, con crecimientos negativos. En los casos de la demanda de energía para uso del vehículo privado y para los vehículos en tránsito, en el escenario *Básico* se ha supuesto que la demanda de movilidad evoluciona con una tasa de crecimiento anual equivalente a la media observada en el período 2001-2003. En el escenario *Shock*, en cambio, se aplica dicha tasa histórica pero corregida en función del diferencial entre el PIB en ambos escenarios.

- *Business as usual* (BAU): se trata de un escenario continuista en el que se replican las pautas de comportamiento observadas en el pasado, sin incorporar cambios que requieran la adopción de nuevas medidas de carácter institucional o estructural.
- *Medidas*: es el escenario resultante de la aplicación de las medidas ya previstas en los programas aprobados por los diferentes departamentos del Gobierno Vasco (principalmente las recogidas en la estrategia energética vasca (EVE, 2003)) y otras administraciones⁵, y con incidencia en las emisiones de CO₂. Hay que señalar que para la definición de este escenario no se ha considerado el cumplimiento total de las medidas propuestas, sino que se ha supuesto un nivel de ejecución que, de acuerdo con la opinión de un grupo de expertos⁶, razonablemente pudiera llevarse a cabo dentro del horizonte de estudio, a la vista del tiempo transcurrido y de las dificultades de implementación.

4. Limitaciones del análisis

El modelo de simulación aquí presentado tiene las limitaciones propias del carácter estático de los modelos *Input/Output*. Sin embargo, el relativo corto horizonte temporal para el que se ha utilizado (2006-2012), y la inclusión de cambios en los coeficientes técnicos energéticos y en la estructura de la oferta energética relajan sustancialmente esta rigidez. En el caso de los *inputs* no energéticos persisten estas limitaciones, sin embargo, hay que recordar que el objetivo central del ejercicio radica precisamente en simular los cambios que afectan a la demanda y oferta energética. Por tanto, la incorporación de hipótesis de comportamiento sobre los aspectos energéticos más relevantes, como el mix y la eficiencia energética o la estructura de la oferta, hace que estas limitaciones propias de un modelo *Input/Output* se vean reducidas.

5. Conclusiones y consideraciones finales

En el presente trabajo hemos podido apreciar las posibilidades que la información contenida en la Contabilidad de Flujos de Materiales y Energía, en conjunción con la modelización *Input/Output*, ofrece a la hora de cuantificar escenarios sobre emisiones de CO₂ a escala regional.

⁵ También se han recogido actuaciones de escalas competenciales distintas a la del País Vasco (estatal, europea), pero que tienen efectos en las emisiones de la región.

⁶ Este grupo de expertos estaba formado por diferentes profesionales del mundo de la consultoría y la administración.

Tabla 3. Emisiones de CO₂

	Emisiones reales año base-2006			Proyección promedio 2008-2012					
	Año base	2006	Variación año base- 2006	BAU		Medidas		Plan	
	MtCO ₂ eq	MtCO ₂ eq		MtCO ₂ eq	Variación año base	MtCO ₂ eq	Variación año base	MtCO ₂ eq	Variación año base
Total (inc. LULUCF)	20,9	25,5	22%	28,4	36%	26,1	25%	23,9	14%
Total (excl. LULUCF)	20,9	25,5	22%	28,4	36%	26,1	25%	24,1	15%
Total CO ₂	17,5	22,6	29%	25,6	46%	23,4	34%	21,9	25%
CO ₂	12,6	19,9	58%	22,1	75%	22,3	77%	20,8	65%
CO ₂ electricidad importada	4,9	2,6	-47%	3,5	-29%	1,1	-78%	1,2	76%
Total otros gases	3,4	3,0	-12%	2,8	-18%	2,7	-21%	2,2	36%
CH ₄	1,7	1,7	0%	1,6	-6%	1,5	-12%	1,5	14%
N ₂ O	0,7	0,5	-29%	0,4	-43%	0,4	-43%	0,4	43%
Gases fluorados	0,9	0,7	-22%	0,8	-12%	0,8	-11%	0,3	66%
Remociones (LULUCF)	—	—	—	—	—	—	—	-0,2	—

Nota: La categoría «remociones» recoge el efecto de las medidas orientadas a incrementar la fijación CO₂ a través del uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (LULUCF: Land Use, Land-Use Change and Forestry).

Fuente: Elaboración propia y Gobierno Vasco (2008).

En segundo lugar, además de las variables modelizadas habitualmente (mix e intensidad energéticos), se han modelizado detalladamente otras variables de los sectores más relevantes desde la perspectiva de las emisiones de CO₂, de forma que se posibilita la simulación del efecto de un amplio abanico de medidas.

La aplicación de esta modelización al caso del País Vasco muestra en qué medida las políticas contempladas en los diferentes escenarios del Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático (PVLCC) pueden contribuir a reducir las emisiones de CO₂.

Entre el año base y 2006 las emisiones de GEI del País Vasco han aumentado un 22%, lo que supone un distancia de 8 puntos con respecto al objetivo fijado en el PVLCC (incremento del promedio de emisiones en 2008-2012 del 14% respecto al año base). Partiendo de esta situación, el modelo ha permitido estimar que, en ausencia de medidas para la reducción de las emisiones, un escenario de crecimiento del PIB del 2,4% anual conllevaría un nivel promedio de emisiones en el período 2008-2012 que se situaría 22 puntos por encima del objetivo. De igual forma, si bajo el mismo escenario macroeconómico se lograra un nivel de cumplimiento razonable de las medidas incluidas en los diferentes planes y programas ya aprobados, las emisiones promedio de GEI en el período 2008-2012 se situarían todavía 11 puntos por encima del objetivo. Por el contrario, en un escenario en el que se aplicasen las medidas recogidas en el PVLCC —lo que implicaría el cumplimiento en su totalidad de las medidas ya recogidas en otros planes junto con algunas medidas adicionales—, sería posible contener las emisiones a un nivel acorde con el objetivo.

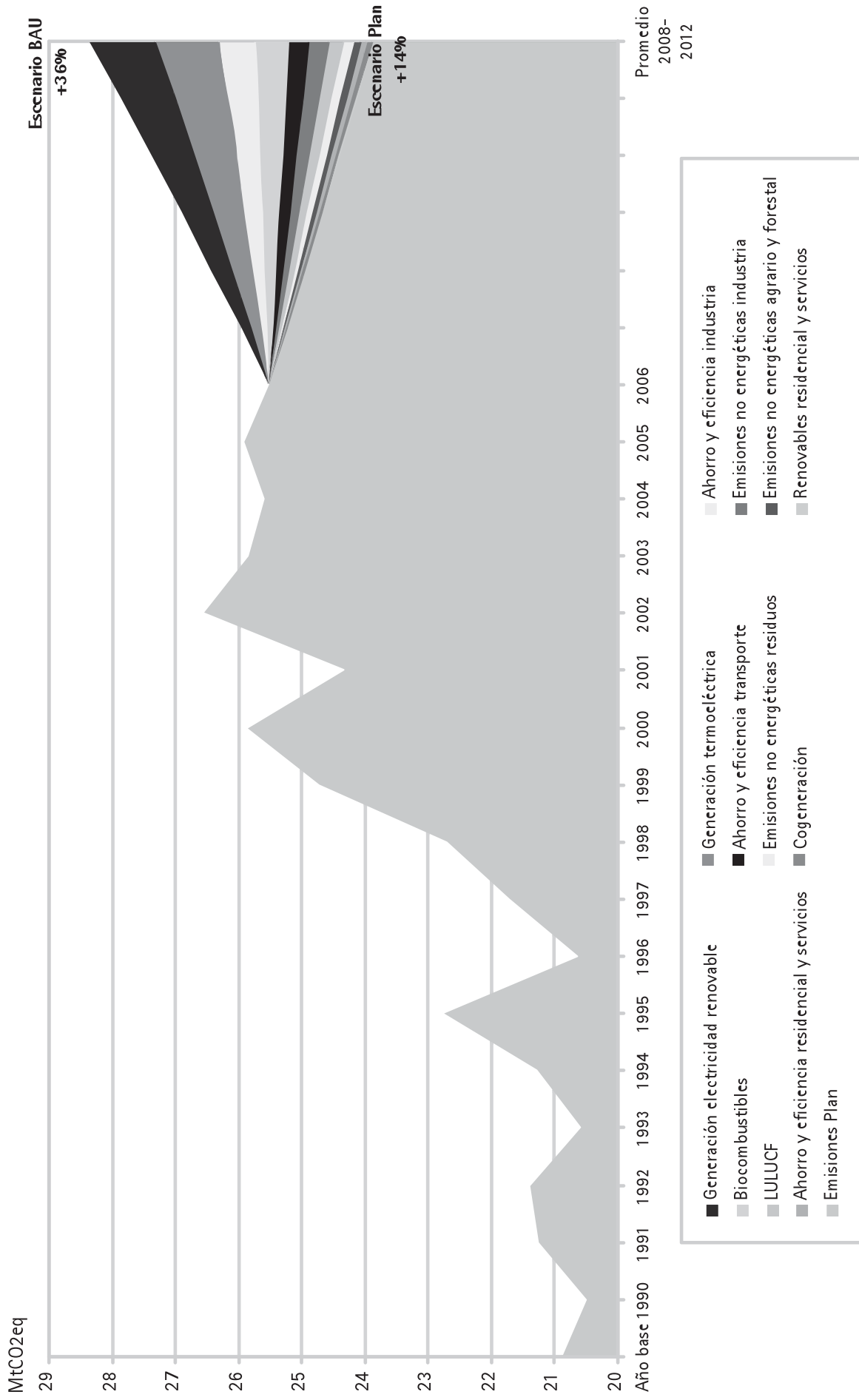
La aplicación de las medidas del PVLCC permitiría reducir las emisiones en 4,51 MtCO₂eq. La mayor parte de esta reducción se lograría gracias a actuaciones orientadas al ahorro y la eficiencia energéticos (2,08 MtCO₂eq). Estas acciones incluirían el cierre de centrales termoeléctricas convencionales (Pasajes de carbón y Santurce de fueloil) y su sustitución por centrales de ciclo combinado, y mejoras en la eficiencia energética en la industria y en el transporte. El fomento de las energías renovables (producción de electricidad de fuentes renovables y promoción del uso de biocombustibles) reduciría las emisiones en 1,6 MtCO₂eq. Las medidas orientadas a la reducción de las emisiones de GEI no energéticas lograrían una reducción de las emisiones de 0,6 MtCO₂eq. Por último, el incremento en la capacidad de absorción de los sumideros de carbono supondría una reducción equivalente de 0,22 MtCO₂eq.

Tabla 4. Reducción esperada con las líneas de actuación

<i>Líneas de actuación</i>	<i>Reducción esperada (MtCO₂eq)</i>	<i>Medidas a 2012</i>
Total	4,51	
Ahorro y eficiencia energética	2,08	
Generación termoeléctrica	1,01	Producción termoeléctrica generada en su totalidad mediante ciclos combinados de gas natural.
Ahorro y eficiencia industria	0,57	Mejorar la eficiencia energética hasta conseguir un ahorro de 583 ktep desde 2001 a 2010.
Ahorro y eficiencia transporte	0,33	Mejora en un 21% de la eficiencia en el transporte en términos de emisiones de CO ₂ .
Ahorro y eficiencia residencial y servicios	0,09	Mejorar la eficiencia energética hasta conseguir un ahorro de 58 ktep desde 2001 a 2010.
Cogeneración	0,08	Alcanzar 514 MW de potencia instalada de cogeneración.
Fomento de las energías renovables	1,61	
Generación electricidad renovable	1,06	Producción renovable hasta cubrir el 15% de la demanda eléctrica.
Biocombustibles	0,53	177 ktep de consumo de origen renovable.
Renovables residencial y servicios	0,02	152.000 m ² de aprovechamiento solar térmico.
Reducción de las emisiones no energéticas de GEI	0,60	
Emisiones no energéticas en industria	0,31	Reducción del 89% de las emisiones de gases fluorados de 1995 a 2012.
Emisiones no energéticas en residuos	0,17	Menos del 40% de los residuos urbanos eliminados en vertedero.
Emisiones no energéticas en sector agrario y forestal	0,12	Construcción de 3 plantas de tratamiento de residuos generados.
Remociones (LULUCF)	0,22	Aumentar en un 1% la capacidad de absorción de los sumideros de carbono.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Contribución de cada medida a la reducción de las emisiones



Fuente: Elaboración propia y Gobierno Vasco (2008).

6. Referencias

- ALCÁNTARA, V. (1995): *Economía y contaminación atmosférica: hacia un nuevo enfoque desde el análisis Input/Output* (tesis doctoral), Universidad Autónoma de Barcelona.
- ALCÁNTARA, V.; DUARTE, R. (2004): «Comparison of energy intensities in European Union countries. Results of a structural decomposition analysis», *Energy Policy* 32, 177-189.
- ALCÁNTARA, V.; PADILLA, E. (2003): «“Key” sectors in final energy consumption: an *Input/Output* application to the Spanish case», *Energy* 31, 1673-1678.
- ALCÁNTARA, V.; ROCA, J. (1995): «Energy and CO₂ emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-1990», *Energy Economics* 17, 221-230.
- ARGÜELLES, M.; BENAVIDES, C.; JUNQUERA, B. (2006): «The impact of economic activity in Asturias on greenhouse gas emissions: Consequences for environmental policy within the Kyoto Protocol framework», *Journal of Environmental Management*, volume 81, 249-264.
- AYRES, R.U.; KNEESE, A.V. (1969): «Production, consumption, and externalities» *The American Economic Review* 59, 282-297.
- BEAVER, R. (1993): «Structural comparison of the models in EMF 12», *Energy Policy*, 21, 238-248.
- BEAVER, R.D.; HUNTINGTON, H.G. (1992): «A comparison of aggregate energy demand models for global warming policy analyses», *Energy Policy*, 20, 568-574.
- BIELSA, J. (1998): *Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica* (tesis doctoral). Universidad de Zaragoza.
- BOSELLO, F.; CARRARO, C.; KEMFERT, C. (1998): «Advances of climate modelling for policy. Fondazione Eni Enrico Mattei», *Working Paper* 82.98.
- CARBALLO, A.; SEBASTIÁN, C. (2008): «Applying physical *Input/Output* tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain)», *Energy Policy* 36, 1148-1163.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS (2007): «Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo», *Marco reglamentario para un sector del automóvil competitivo en el siglo XXI* (COM(2007) 22 final).
- CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2002): *Decisión del Consejo de 25 de abril de 2002, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo* (2002/358/CE).
- CRUZ, L. (2004): «Energy use and CO₂ emissions in Portugal». *Conference on Input/Output and General Equilibrium: Data, Modeling and Policy Analysis*. Free University of Brussels. September 2-4, 2004. Bruselas, Bélgica.
- CRUZ, L.; PROPS, J.; SAFONOV, P. (2005): «*Input/Output* models», en PROPS, J.; SAFONOV, P. (eds.): *Modelling in Ecological Economics*, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK.
- CUMBERLAND, J.H. (1966): «A regional interindustry model for analysis of development strategies», *Papers of the Regional Science Association* 17, 69-94.
- DAGOUMAS, A.S.; PAPAGIANNIS, G.K.; DOKOPOULUS, P.S. (2006): «An economic assessment of the Kyoto Protocol application», *Energy Policy* 34, 26-39.
- DALY, H. (1968): «On Economics as a Life Science», *The journal of Political Economy* 76, 392-406.
- DUARTE, R. (1999): *Estructura productiva y contaminación hídrica en el valle del Ebro. Un análisis Input/Output* (tesis doctoral). Universidad de Zaragoza.
- DUARTE, R.; SÁNCHEZ CHÓLIZ, J.; BIELSA, J. (2002): «Water use in the spanish economy: an *Input/Output* approach», *Ecological Economics* 43, 71-85.
- ENTE VASCO DE LA ENERGÍA (EVE) (2003): *Hacia un desarrollo energético sostenible: estrategia energética Euskadi 2010: política energética vasca*. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- EUSTAT (INSTITUTO VASCO DE ESTADÍSTICA) (2007): *Tablas Input/Output SEC 95* (desde 2000).
- GILJUM, S. (2007): «Modelling global resource use: material flows, land use and *Input/Output* models», en SUH, S. (ed.): *Handbook on Input/Output Economics for Industrial Ecology*. Springer.
- GOBIERNO VASCO (2006): *Inventario de gases de efecto invernadero 1990-2005*. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.
- GOBIERNO VASCO (2008): *Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático (2008-2012)*. Sociedad Pública de Gestión Ambiental-IHOBE, S.A. (ed.).
- HIDALGO, I. (2005): «Introducción a los modelos de sistemas energéticos, económicos y medioambientales: descripción y aplicaciones del modelo POLES», *Revista de Economía Mundial*, 13, 33-75.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2005): *Saving oil in a hurry*. International Energy Agency, Paris.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): «Climate Change 2007: The Physical Science Basis», *Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. UK.
- INTERNACIONAL ENERGY AGENCY (2005): *Saving Oil in a Hurry: Measures for Rapid Demand Restraint in Transport*. International Energy Agency (IEA), Head of Publications Service. France.

- ISARD, W. (1969): «Some notes on the linkage of ecologic and economic systems», *Papers in Regional Science Association* 22, 85-96.
- ISARD, W.; BASSETT, K.; CHOGUILL, C.; FURTADO, J.; IZUMITA, R.; KISSIN, J.; ROMANOFF, E.; SEYFARTH, R.; TATLOCK, R. (1968): «On the linkage of socio-economic and ecologic systems», *Papers and Proceedings of the Regional Science Association* 21, 79-99.
- JUAN-DALAC, J.; CEBRIÁN, J.L. (2005): *Imagen final de la demanda de transportes en la Comunidad Autónoma del País Vasco: actualización a 2002 y 2003*. <http://www.garraioak.ejgv.euskadi.net>
- JUAN-DALAC, J.; CEBRIÁN, J.L.; FLORES, L.J. (2004): *Toma de datos básicos e imagen final de la demanda de transportes en la Comunidad Autónoma del País Vasco, año 2001* (documento de síntesis). Gobierno Vasco. Departamento de Transportes y Obras Públicas, Vitoria-Gasteiz.
- KYDES, A.S.; SHAW, S.H.; McDONALD, D.F. (1995): «Beyond the horizon: recent directions in long-term energy modeling», *Energy* 20, 131-149.
- LEONTIEF, W. (1936): «Quantitative input and output relations in the economic system of the United States», *Review of Economics and Statistics* 18, 105-125.
- LEONTIEF, W.; FORD, D. (1970): «Environmental repercussions and the economic structure: an *Input/Output* approach», *The Review of Economics and Statistics* 52, 262-271.
- LÖSCHEL, A. (2002): «Technological change in economic models of environmental policy: a survey», *Ecological Economics* 43, 105-126.
- NACIONES UNIDAS (1992): *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- NACIONES UNIDAS (1998): *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- PEARSON, P. (1986): «*Input/Output* analysis and air pollution», *Surrey Energy Economics Centre Discussion Paper* 30.
- PETERSON, S. (2006): «Uncertainty and economic analysis of climate change: A survey of approaches and findings», *Environmental Modeling and Assessment* 11, 1-17.
- PIZER, W.; BURTRAW, D.; HARRINGTON, W.; NEWELL, R.; SANCHIRICO, J. (2006): «Modeling Economy-wide vs sectoral climate policies using combined aggregate-sectoral models», *The Energy Journal* 27, 135-168.
- PROOPS, J.L.R.; FABER, M.; WAGENHALS, G. (1993): *Reducing CO₂ Emissions: a Comparative Input/Output Study for Germany and the UK*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg, Germany.
- ROCA, J.; SERRANO, M. (2007): «Income growth and atmospheric pollution in Spain: An *Input/Output* approach», *Ecological Economics* 63, 230-242.
- SÁNCHEZ CHÓLIZ, J.; BIELSA, J.; ARROJO, P. (1995): «Water values for Aragón», en ALBISU, L.M.; ROMERO, C. (eds.): *Environmental and Land Use Issues: an Economic Perspective*, 475-489. Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG, Kiel.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; DUARTE, R. (2004): «CO₂ emissions embodied in international trade: evidence for Spain», *Energy Policy* 32, 1999-2005.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; DUARTE, J. (2005): «Water pollution in the Spanish economy: analysis of sensitivity to production and environmental constraints», *Ecological Economics* 53, 325-338.
- SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; DUARTE, R.; MAINAR, A. (2007): «Environmental impact of household activity in Spain», *Ecological Economics* 62, 308-318.
- SPRINGER, U. (2003): «The market for tradable GHG permits under the Kyoto Protocol: a survey of model studies», *Energy Economics* 25, 527-551.
- TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. (2007a): «A combined *Input/Output* and sensitivity analysis approach to analyse sector linkages and CO₂ emissions», *Energy Economics* 29, 578-597.
- TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P. (2007b): «CO₂ emissions and intersectoral linkages. The case of Spain», *Energy Policy* 35, 1100-1116.
- TARANCÓN, M.A.; DEL RÍO, P.; ALBIÑANA, F.C. (2008): «Tracking the genealogy of CO₂ emissions in the electricity sector: An intersectoral approach applied to the Spanish case», *Energy Policy* 36, 1915-1926.
- UNO, K. (2002): «Energy projections: comparison of methodologies», en UNO, K. (ed.): *Economy-Energy-Environment simulation: beyond the Kyoto Protocol*. Dordrecht, Boston, 193-298.
- VELÁZQUEZ, V. (2006): «An *Input/Output* model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalucía», *Ecological Economics* 56, 226-240.
- VICTOR, P. (1972): *Pollution: Economy and Environment*, Allen and Unwin, London.
- WORRELL, E.; RAMESOHL, S.; BOYD, G. (2004): «Advances in energy forecasting models based on engineering economics», *Annual Review of Environment and Resources* 29, 345-381.

El sector energético: fuentes estadísticas de análisis en la C.A. de Euskadi

Presentado por *Javier Aramburu Irizar*
Responsable de estadística del Instituto Vasco de Estadística (Eustat)

Presentado por *Felipe Pérez*
Técnico del Ente Vasco de la Energía (EVE)

María Victoria García Olea
Subdirectora de Producción y Análisis Estadístico del Instituto Vasco de Estadística (Eustat)

1. Introducción

El presente capítulo trata de repasar las principales fuentes estadísticas para el análisis del sector energético que figuran en el Plan Vasco de Estadística 2010-2012: la Estadística Industrial, el marco *Input/Output* y la operación estadística denominada Datos Energéticos de la C.A. de Euskadi. Se exponen las principales características metodológicas de las tres operaciones, además de algunos resultados inmediatos relacionados con el sector objeto de análisis.

El Plan Vasco de Estadística es el marco legal de trabajo bajo el que se desarrolla la estadística oficial de la C.A. de Euskadi. En dicho plan, de carácter cuatrienal, se plasman las operaciones y otros trabajos a desarrollar por Eustat y el resto de órganos estadísticos que configuran el sistema vasco de estadística. El Plan es aprobado por el Parlamento Vasco y para su elaboración se realiza un análisis de las necesidades de la sociedad vasca a partir de un proceso de reflexión conjunta con los representantes de dicha sociedad que forman el Consejo Vasco de Estadística.

El carácter oficial de las operaciones que figuran en el Plan Vasco de Estadística les dota de una serie de características y de peculiaridades, plasmadas en la Ley Vasca de Estadística, una de las cuales es la obligatoriedad de la cumplimentación de las mismas por parte de los informantes.

El estudio del sector energético se refleja, fundamentalmente, en tres operaciones que figuran en el último Plan Vasco de Estadística, el correspondiente al periodo 2010-2012: la Estadística Industrial, las tablas *Input/Output* y la operación denominada Datos energéticos de la C.A. de Euskadi, a partir de la cual se elabora el balance energético de la C.A. de Euskadi. Las dos primeras son responsabilidad de Eustat y la tercera del órgano estadístico del Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco y desarrollada a través del Ente Vasco de la Energía (EVE).

Uno de los elementos metodológicos a tener en cuenta en el estudio de cualquier sector o rama económica es la forma en que las actividades a estudiar se clasifican. En la estadística oficial se utilizan las clasificaciones oficiales y, en el caso de las actividades económicas, es la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-2009), basada e integrada en la clasificación europea NACE Rev.1, la referencia para todas las operaciones económicas. A partir de dicha clasificación, las actividades se agrupan en ramas de actividad con mayor o menor desagregación en función de la estructura económica del área económica objeto de estudio. En el caso de las ramas energéticas, el cuadro 1 contiene la clasificación que maneja Eustat en sus estadísticas económicas y su correspondencia con la CNAE-2009.

Cuadro 1. Las ramas energéticas en las estadísticas de Eustat

Código	Título	División/Grupo (CNAE-2009)
04	Industrias extractivas	05-09
	Extracción de antracita y hulla	0510
	Extracción de lignito	0520
	Extracción de crudo de petróleo	0610
	Extracción de gas natural	0620
	Extracción de minerales de uranio y torio	0721
	Actividades de apoyo a la extracción de petróleo y gas natural	0910
16	Coquerías y refino de petróleo	19
	Coquerías	1910
	Refino de petróleo	1920
43	Producción, transporte y distribución de energía eléctrica	351
	Transporte de energía eléctrica	3512
	Distribución de energía eléctrica	3513
	Comercio de energía eléctrica	3514
	Producción de energía hidroeléctrica	3515
	Producción de energía de origen térmico convencional	3516
	Producción de energía eléctrica de origen nuclear	3517
	Producción de energía eléctrica de origen eólico	3518
	Producción de energía eléctrica de otros tipos	3519
44	Suministro de gas, vapor y aire acondicionado	352-353
	Producción de gas	3521
	Distribución por tubería de combustibles gaseosos	3522
	Comercio de gas por tubería	3523
	Suministro de vapor y aire acondicionada	3530

2. La estadística industrial

La Estadística Industrial nos permite, anualmente, conocer la importancia del sector energético en la C.A. de Euskadi, medida por las principales macromagnitudes —como el Valor Añadido Bruto (VAB), el empleo o la inversión— junto con las variables de la cuenta de pérdidas y ganancias, para el conjunto del sector y para los distintos subsectores. Hay que señalar, no obstante, que el análisis es en términos nominales, aspecto éste relevante en el estudio de este sector para el que la variable precios tiene una importancia mayor si cabe que para otros sectores económicos.

Pero también, y sobre todo con carácter quinquenal, la Estadística Industrial es la fuente fundamental del marco *Input/Output* para conocer los consumos intermedios de todas las ramas de actividad industrial y, entre ellos, los consumos de productos energéticos, plasmados en la matrices de destino y simétrica dentro del marco *Input/Output*.

El cuestionario de la Estadística Industrial está adaptado al Plan General de Contabilidad que llevan las empresas, por lo que los consumos energéticos figuran en la cuenta 60, compras, cuando son almacenables, y en la cuenta 628, suministros, cuando no son almacenables. Cada cinco años, el cuestionario de la Estadística Industrial se amplía para recoger las necesidades de las tablas *Input/Output* e incluye algunos desgloses de distintos conceptos, entre ellos, los que afectan a los consumos energéticos: los suministros y las materias primas.

Los suministros recogen los gastos en electricidad, gas natural y otros gases no almacenables, agua y otros.

Los productos energéticos almacenables, junto con el resto de las materias primas, se solicitan a través de un anexo específico que detalla para cada establecimiento industrial las principales materias primas consumidas específicas a un nivel de desagregación importante (6 dígitos de la Clasificación Nacional de Productos Armonizada-CNPA) y por origen geográfico de cada producto consumido.

2.1. Algunos resultados

Los últimos resultados de la Estadística Industrial corresponden al año 2010 y nos indican que el sector energético vasco ocupa en ese año a 3.636 personas, el 1,7% del empleo de la industria vasca. En términos de VAB supone el 13,8% y el 21,1% del importe neto de la cifra de negocios del total de la industria vasca.

Cuadro 2. Macromagnitudes de la energía. Miles de €

C.A. de Euskadi	2010		
	Personal ocupado (NU)	Valor Añadido Bruto a coste de factores	Importe neto de la cifra de negocios
Total Industria	218.819	14.563.855	53.469.783
Total Energía	3.636	2.004.040	11.268.909
04 - Industrias extractivas	0	0	0
16 - Coquerías y refino de petróleo	1.186	320.086	5.398.534
43 - Energía Eléctrica	2.160	1.507.680	4.276.313
44 - Gas, vapor y aire acondicionado	290	176.274	1.594.062
Energía/Industria (%)	1,7	13,8	21,1
- Extractivas/Energía (%)	0,0	0,0	0,0
- Coquerías-Refino/Energía	32,6	16,0	47,9
- Energía eléctrica/Energía	59,4	75,2	37,9
- Gas, vapor/Energía	8,0	8,8	14,1

Fuente: Eustat.

En España el sector energético tiene una presencia algo mayor que en la C.A. de Euskadi en términos de empleo y en relación al conjunto del sector industrial. Concretamente emplea a 62.200 personas, lo que representó el 2,6% de la industria en el conjunto del Estado. En términos de riqueza generada, sin embargo, la aportación es similar (13,8%) con un total de 21.500 millones de VAB generado.

Si se analizan las distintas ramas energéticas, en la C.A. de Euskadi destaca la rama de Producción, transporte y distribución de energía eléctrica que ocupa al 59,4% del empleo del sector energético de 2010, generando el 75,2% del total del VAB.

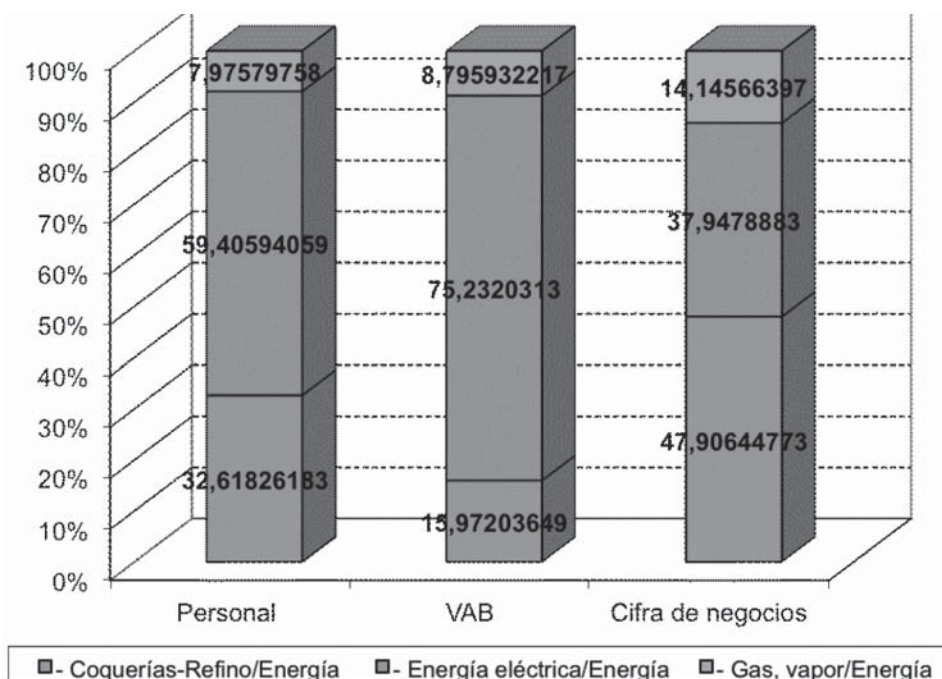
El refino de petróleo, por su parte, ocupa el 32,6% del empleo energético y genera el 16% del VAB, porcentajes ambos que reflejan la importancia de esta rama en la estructura energética e industrial vasca.

La rama de suministro de gas, vapor y aire acondicionado, por último, representa en torno al 9% del VAB y el 8% del personal.

En relación a otra variable característica de la cuenta de pérdidas y ganancias de las empresas, la cifra de negocios, la distribución entre las tres ramas energéticas presentes en la C.A. de Euskadi del importe neto de la cifra de negocios fue en 2010 del 48% a la rama de refino de petróleo, el 38% a Energía eléctrica y el 14% restante a la rama de suministro de gas, vapor y aire acondicionado.

En España, la energía eléctrica y el gas ocupan el 86% del personal del sector energético español y generan el 95% del VAB.

Gráfico 1. Estructura porcentual del sector energético vasco (2010)



Fuente: Eustat.

Comparando los sectores energéticos español y vasco y su composición, resalta la importancia del Refino de petróleo en el caso vasco, donde aporta el 16% del VAB frente al 5% que supone su aportación en España. Por el contrario, el gas aporta el 17% en el conjunto del Estado y el 9% en la C.A. de Euskadi. La energía eléctrica aporta porcentajes similares en ambos casos (78% en España y 75% en la C.A. de Euskadi).

Por último, un indicador más de la importancia del sector energético vasco es que supone el 5,8% del total español en términos de empleo y el 9,3 % del VAB total generado.

3. El marco *Input/Output*

El marco *Input/Output* definido por el Sistema Europeo de Cuentas, SEC-95, está compuesto por cuatro tablas básicas y otras de carácter complementario relacionadas entre sí. Entre las tablas básicas destacaremos tres, la tabla origen, la tabla destino y la tabla simétrica, que elabora Eustat con periodicidad quinquenal de forma completa. En este momento se están elaborando las correspondientes a 2010. Las dos primeras son matrices rectangulares mientras que la simétrica es una matriz cuadrada.

La tabla origen de la C.A. de Euskadi es una matriz de 101 productos por 87 ramas de actividad y ofrece información sobre la oferta de bienes y servicios, que se divide entre la producción interna y las importaciones, todo ello por productos.

La tabla de destino es también una matriz de 101 productos (filas) por 87 ramas (columnas) y describe la demanda intermedia y la demanda final. Para cada rama de actividad no homogénea la tabla de destino nos muestra, entre otros, el valor añadido, es decir, la remuneración obtenida por los factores del trabajo y del capital en el proceso productivo.

Entre ambas tablas se han de cumplir una serie de identidades por rama y por producto que garantizan la coherencia del sistema.

La tabla simétrica es una tabla derivada de las de origen y destino. Frente al carácter más estadístico de las otras dos, la tabla simétrica es fundamental para el análisis *Input/Output*, permitiendo el cálculo

de los coeficientes técnicos y los multiplicadores, una vez calculada la inversa. En el caso de la C.A. de Euskadi es una matriz cuadrada de 87×87 ramas de actividad homogénea.

En concreto, vamos a ver algunas de las posibilidades que ofrece el análisis *Input/Output* para el sector de la energía como, por ejemplo, conocer las necesidades energéticas de todas las etapas del proceso de producción y distribución de un determinado producto, con la riqueza que eso supone frente al análisis tradicional.

En relación a los flujos que estudia, el análisis *Input/Output*, a través del examen de los *inputs* intermedios, muestra el trasvase de energía que se produce entre los sectores, derivado de las interdependencias que se dan en el sistema productivo para generar el producto de una rama productiva.

De esta manera, el análisis *Input/Output* se puede convertir en una herramienta para la planificación energética, al permitir establecer las necesidades de *inputs* intermedios, en este caso energéticos, ante cambios en la demanda final.

En concreto, nos permite calcular varios indicadores a partir de las matrices de coeficientes técnicos total y regional e inversa total y regional, obtenidas a partir de la simétrica. Vamos a analizar algunos de estos indicadores:

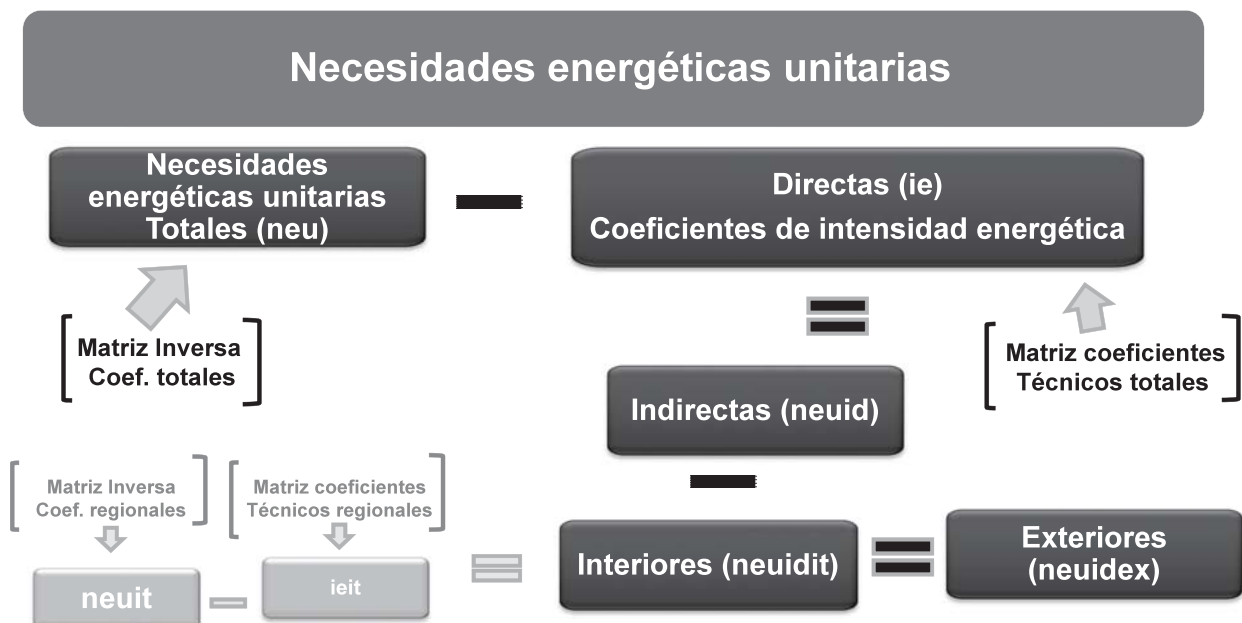
Necesidades energéticas unitarias

Necesidades energéticas unitarias totales (neu) de una rama de actividad: representan la cantidad total de energía incorporada (directa o indirectamente) a una unidad de valor de producto. Incluye, por tanto, la energía necesaria para generar una unidad de valor de producto final y también la incorporada en los *inputs* intermedios que han contribuido directa e indirectamente en la producción.

Se obtiene a partir de la matriz inversa de coeficientes totales. Es la suma de las filas de dicha matriz inversa de las ramas energéticas.

Necesidades energéticas unitarias directas o coeficientes de intensidad energética (ie): coste de energía por unidad de valor de la producción. Mide la intensidad de consumo energético por unidad de producción. Corresponde a la fila de los sectores energéticos en la matriz de coeficientes técnicos totales.

Cuadro 3. Esquema de las necesidades energéticas unitarias



Por diferencia entre las necesidades energéticas totales y las directas se obtienen las necesidades energéticas indirectas, es decir, la energía incorporada a una unidad de producción a través de los *inputs* intermedios no energéticos consumidos.

A su vez, las necesidades energéticas indirectas totales se pueden dividir en interiores y exteriores. Para hallar las necesidades energéticas indirectas interiores, es decir, de consumos intermedios comprados en la C.A. de Euskadi (neuidit) hay que repetir el proceso anterior, pero con la inversa regional y con la matriz de coeficientes técnicos regional.

Una vez halladas las necesidades indirectas interiores (neuidit), por diferencia con las totales se calculan las exteriores (neuidex), es decir la energía que habiendo sido suministrada a ramas situadas fuera de la C.A. de Euskadi, se incorpora, vía consumos intermedios importados, a la producción de una rama vasca.

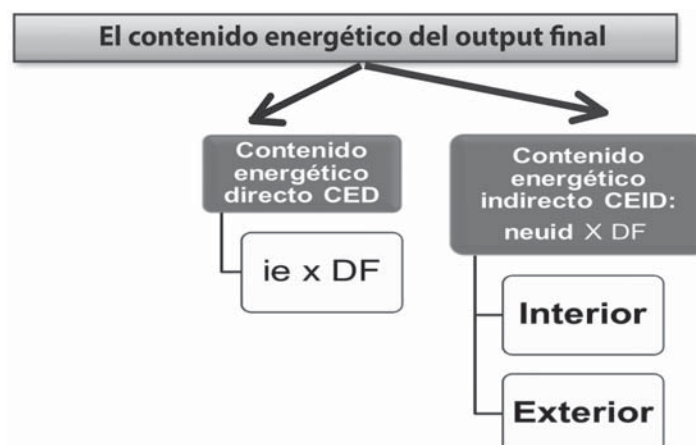
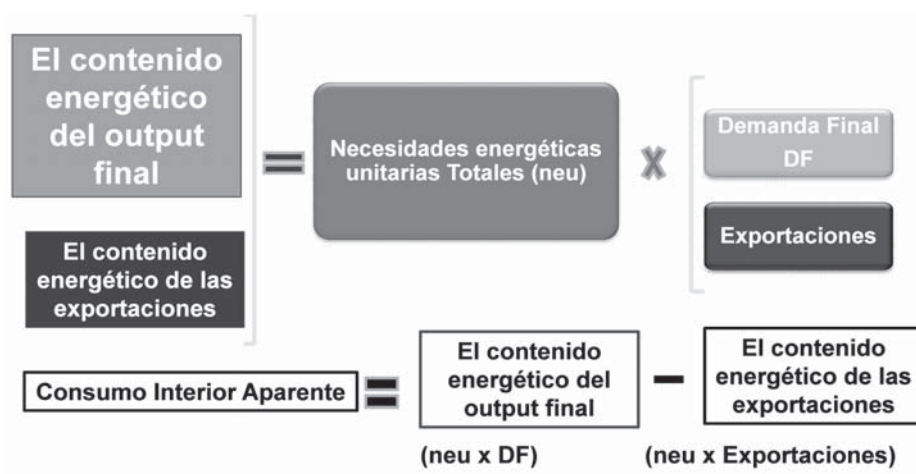
Contenido energético del output final

El segundo de los indicadores mencionados es el contenido energético del *output* final, que se define como el valor de la energía incorporada al producto de una rama consumida por la demanda final. Se calcula para cada rama mediante el producto de las necesidades unitarias de energía totales (neu) por la demanda final.

De la misma forma, el contenido energético de las exportaciones se define como el producto de las necesidades unitarias de energía totales (neu) por las exportaciones.

La diferencia entre ambos conceptos es el Consumo Energético Interior Aparente.

Cuadro 4. Esquema del Contenido energético del output final



El contenido energético de los productos que componen la demanda final de una rama es igual a la suma de la energía que se les ha incorporado de forma directa a los productos representados en la demanda final ($ie \times DF$) a la que llamaremos Contenido Energético Directo (CED) y la energía que se les ha incorporado vía *inputs* intermedios no energéticos que han intervenido en su proceso de producción a la que llamaremos Contenido Energético Indirecto (CEID).

Igualmente, como en el caso de las necesidades de energía unitarias indirectas, se puede distinguir el contenido energético indirecto interior y, por diferencia de éste con el total, el contenido energético indirecto exterior.

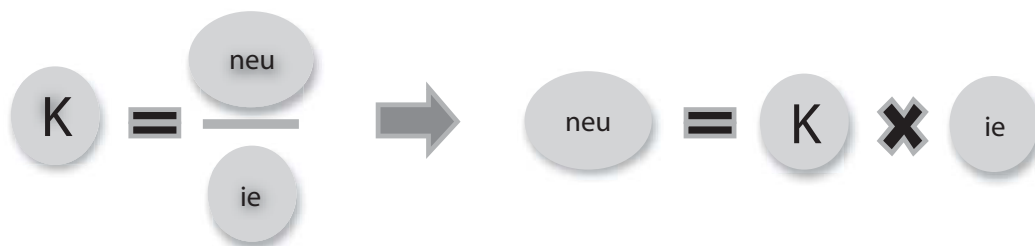
Multiplicador energético

Mide el aumento que debe experimentar el *output* total de las ramas energéticas por el consumo de una unidad adicional de energía (directa) en el proceso de producción de una rama determinada.

Se calcula por el cociente entre las necesidades energéticas unitarias y los coeficientes de intensidad energética.

El interés del multiplicador energético estriba en que permite el análisis no sólo en términos monetarios, sino también en cantidades a partir de una matriz de coeficientes técnicos en unidades físicas.

Cuadro 5. Esquema del multiplicador energético (K)



Este análisis teórico se ha realizado para la C.A. de Euskadi en años anteriores, mediante la comparación de dos tablas *Input/Output* a precios constantes, analizando la evolución de estos indicadores en el tiempo en la economía vasca¹.

3.1. Algunos resultados inmediatos

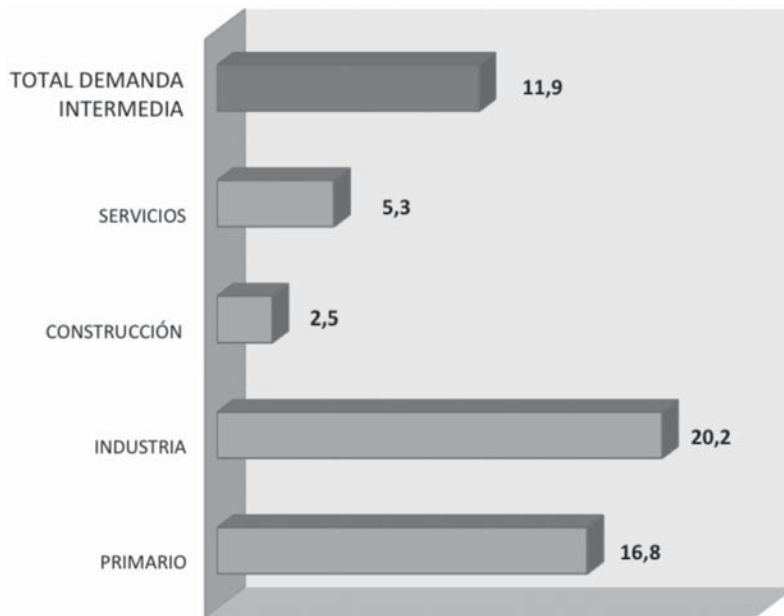
No obstante, incluso a partir de la tabla de destino de 2009 (última disponible) se pueden obtener algunas pinceladas sobre el consumo energético de la economía vasca y sus ramas de actividad. Como se puede apreciar en el gráfico 2, el consumo de productos energéticos del conjunto de las ramas de actividad es el 11,9% del total.

Por encima de la media se sitúa la industria, la más intensiva en consumos energéticos y el sector primario en segundo lugar. Por debajo de la media se sitúan el sector de la construcción y los servicios.

Comparando las tablas de destino de la C.A. de Euskadi y de España se observa que, debido a las diferentes estructuras económicas, las empresas vascas son más intensivas en consumo de energía. Esto se produce en todos los sectores de actividad excepto en servicios, donde prácticamente es similar.

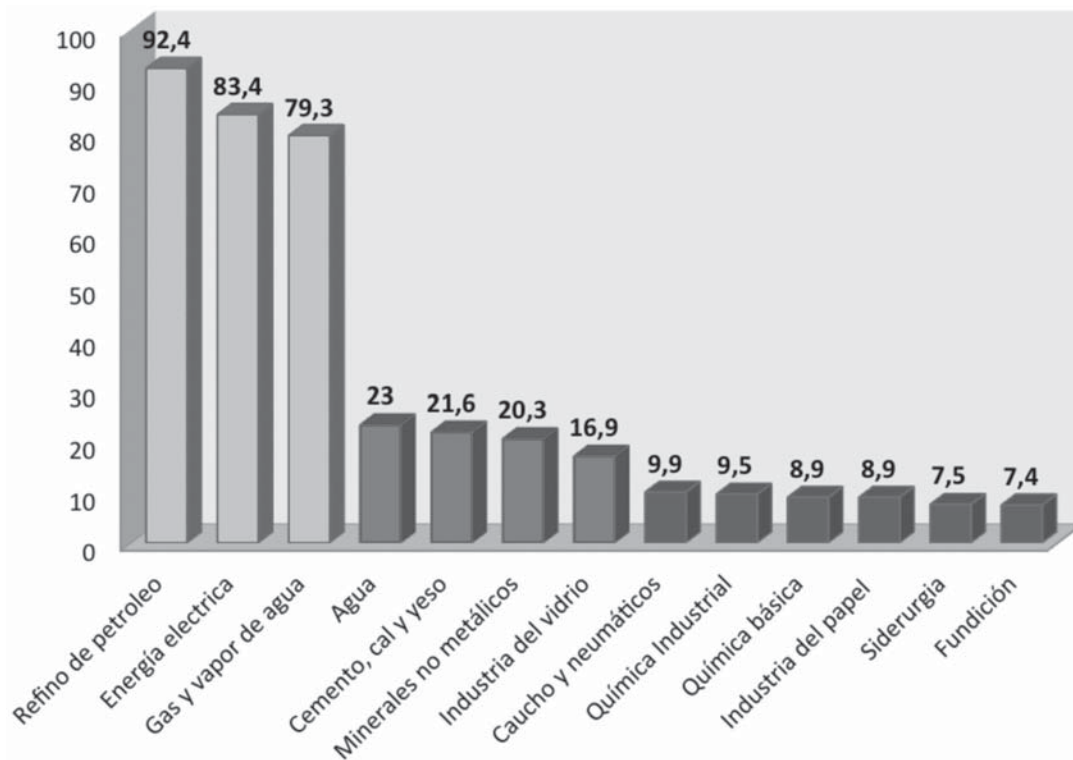
¹ Ver los tomos de Análisis de resultados de las tablas *Input/Output* de la C.A. de Euskadi de 1985 y 1990.

Gráfico 2. Consumos energéticos de la economía vasca (2009)



Fuente: Eustat.

Gráfico 3. Principales ramas consumidoras de energía en la Industria vasca



Fuente: Eustat.

En concreto, los consumos energéticos de la industria vasca suponen un punto y 3 décimas más que los de la industria española.

Cuadro 6. Diferencias en el porcentaje entre consumos energéticos y totales entre la C.A. de Euskadi y España

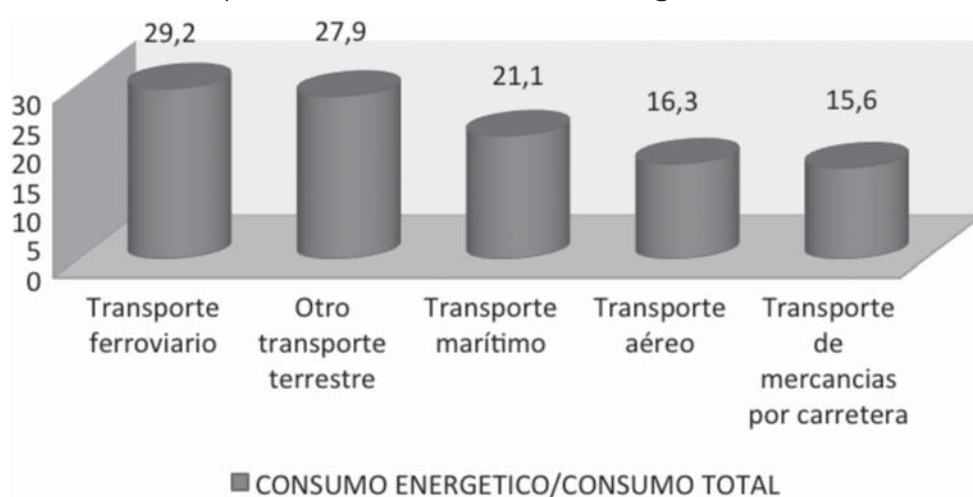
	Primario	Industria	Construcción	Servicios	Total demanda intermedia
Diferencias: CAE-España	+8,9	+1,3	+2,0	-0,4	+2,1

Fuente: Eustat e INE.

Bajando al nivel de rama de actividad, dentro de la industria vasca se pueden establecer tres grupos en función del consumo energético que realizan; dejando a un lado las más consumidoras de energía, las propias ramas energéticas, destacan las ramas de cemento, cal y yeso, minerales no metálicos, industria del vidrio y agua con porcentajes de consumo de energía por encima de la media. En un tercer grupo, las ramas de caucho y neumáticos, las químicas, el papel, la siderurgia y la fundición, con consumos energéticos entre el 7 y el 10% del total.

En los servicios son las ramas del transporte las más consumidoras de energía, encabezadas por el transporte ferroviario.

Gráfico 4. Principales ramas consumidoras de energía en los servicios vascos



Fuente: Eustat.

4. Datos energéticos de la C.A. de Euskadi

Los datos energéticos de la comunidad autónoma de Euskadi es una operación anual, cuyo responsable es el departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco, siendo ejecutada por el Ente Vasco de la Energía, que tiene el objetivo de realizar el balance energético de la C.A. de Euskadi y sus territorios históricos y disponer de datos energéticos evolutivos referidos a sectores y energías.

Para la realización del mismo se sigue la metodología Eurostat de elaboración de balances que permite la comparación con otras comunidades autónomas y regiones de la Unión Europea.

Cuadro 7. Balance energético de Euskadi de 2010
(datos en miles de toneladas equivalentes de petróleo)

DATOS ENERGÉTICOS DE EUSKADI 2010	Carbón y derivados	Derivados del petróleo	Gas natural	Energías derivadas	Energías renovables	Energía eléctrica	TOTAL
PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA	0,0	0,0	0,0	20,5	394,6	0,0	415,1
ENTRADAS TOTALES	209,1	10.226,2	3.921,1	0,0	182,6	684,6	15.223,5
MOVIMIENTOS DE STOCKS	0,0	65,8	-60,5	0,0	0,0	0,0	5,4
SALIDAS TOTALES	19,1	7.520,2	901,4	0,0	89,3	0,0	8.530,0
BUNKERS (TRANSPORTE MARÍTIMO)	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0
DISPONIBLE CONSUMO INTERIOR BRUTO	190,0	2.764,8	2.959,2	20,5	487,9	684,6	7.107,0
ENTRADAS EN TRANSFORMACIÓN	202,8	10.210,3	1.564,1	20,5	77,2	0,0	12.075,0
Centrales termoeléctricas	117,8	0,5	1.085,7	0,0	43,5	0,0	1.247,4
Plantas de autoproducción	5,3	32,4	478,5	20,5	33,8	0,0	570,4
Coquerías	79,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,7
Refinerías	0,0	10.177,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10.177,5
SALIDAS DE TRANSFORMACIÓN	88,7	9.941,6	0,0	177,1	0,0	837,7	11.045,1
Centrales termoeléctricas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	609,8	609,8
Plantas de autoproducción	0,0	0,0	0,0	177,1	0,0	227,9	405,0
Coquerías	88,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,7
Refinerías	0,0	9.941,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9.941,6
INTERCAMBIOS	0,0	0,0	0,0	0,0	-70,4	70,4	0,0
CONSUMO SECTOR ENERGÉTICO	11,2	335,1	49,7	44,4	0,0	75,6	516,0
PERDIDAS TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,8	52,8
DISPONIBLE PARA EL CONSUMO FINAL	64,6	2.161,0	1.345,4	132,7	340,2	1.464,4	5.508,3
CONSUMO FINAL NO ENERGÉTICO	0,0	148,8	0,0	0,0	0,0	0,0	148,8
CONSUMO FINAL ENERGÉTICO	64,6	2.012,2	1.345,4	132,7	340,2	1.464,4	5.359,5
TOTAL INDUSTRIA	64,6	155,5	995,4	120,2	206,3	886,0	2.428,1
TOTAL TRANSPORTE	0,0	1.646,0	0,0	0,0	101,5	15,9	1.763,3
Ferrocarril	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	15,9
Carretera	0,0	1.561,5	0,0	0,0	101,5	0,0	1.663,0
Aire	0,0	76,3	0,0	0,0	0,0	0,0	76,3
Navegación	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2
AGRICULTURA Y PESCA	0,0	74,0	0,0	3,8	0,0	4,6	82,4
Agricultura	0,0	57,4	0,0	3,8	0,0	4,6	65,7
Pesca	0,0	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6
SERVICIOS	0,0	31,6	111,3	8,7	2,1	306,6	460,2
RESIDENCIAL	0,0	105,1	238,6	0,0	30,4	251,4	625,5

Fuente: EVE.

4.1. Fuentes

Para la elaboración del balance es de gran importancia contar con numerosas fuentes de información. Para recabar tales datos, se solicita información a agentes externos como son distribuidoras de energía, centrales térmicas, instalaciones de cogeneración, refinerías, coquerías, otras plantas de transformación, puertos y aeropuertos, Comisión Nacional de la Energía (CNE), Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES), Ihobe, Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT), EUROSTAT e instalaciones y plantas industriales concretas.

Esta base de información se completa con información pública de diferentes organismos oficiales y la manejada internamente por departamentos del EVE.

La información recopilada, por tanto, es una mezcla de información pública y privada, que debe ser manejada con riguroso secreto estadístico.

Esto obliga a cuidar una continua relación de colaboración con los mismos y mantener la confianza asegurando la confidencialidad de la operación.

4.2. Avance de datos

Con la información recopilada se confecciona un balance de datos provisional, y con el mismo, una nota de prensa o avance de datos preliminar.

4.3. *Elaboración*

Para la elaboración detallada de la operación, se intenta completar la información donde se encuentran lagunas y se completa una serie de plantillas propias que nos aseguran disponer de una información preparada en un marco coherente de flujos. Así, para disponer de los datos según la metodología del balance, se siguen tres líneas posibles para aglutinar y repartir la información:

TOP-DOWN

Mediante la distribución por territorios y operaciones de información. Es difícil disponer de esta información completa, y en pocos casos se dispone con los criterios de reparto necesarios.

BOTTOM-UP

Mediante agrupación de cantidades individuales en operaciones. Requiere de una gran cantidad de datos individuales que sumen los totales de su sector o energía. En muchas ocasiones se debe completar con elevadores o encuestas muestrales y confrontarlo con los valores totales de los que se puede disponer por otra fuente.

Para tener criterio en estas operaciones, el EVE realiza estudios de utilización de la energía en industria, el sector servicios, el sector residencial y el transporte, para conocer el detalle de su estructura y ajustar la representación obtenida.

MIXTA

La línea más frecuente que se sigue es un camino mixto al no contar con información completa ni de consumos totales ni de consumos individuales, y se deben seguir estimaciones y repartos según el criterio aportado por estudios específicos de utilización de la energía en los sectores consumidores.

4.4. *Balance*

Una vez se dispone de un marco completo y coherente con todos los flujos de la energía repartidos por energías y operaciones, se obtiene el balance energético y se completan las series propias de estadísticas multianuales, base para la elaboración de la publicación Euskadi Energía. En la misma, se revisa y estudia el comportamiento del consumo por sector, territorio y energía y su evolución en los últimos años.

Este informe, que incluye el balance energético, se publica en formato digital en la página web del EVE.

Información sobre el balance y los datos energéticos:

<http://www.eve.es/web/Informacion-Energetica/Series-Anuales.aspx>

5. **Conclusiones**

Este capítulo es una pequeña pincelada de las posibilidades que ofrece la estadística oficial en el análisis del sector energético, tanto a partir del análisis *Input/Output* como de otras estadísticas estructurales. Nuestra pretensión es tan solo mostrar que existe gran cantidad de información en la C.A. de Euskadi, en este caso sobre el sector energético, que hay que poner en valor.

Desde nuestro punto de vista, como productores de estadística oficial, de calidad y abierta a la sociedad, es de especial relevancia dar a conocer a nuestros potenciales usuarios el conjunto de estadísticas disponibles y la riqueza y posibilidades de las mismas, para que desde los ámbitos de los analistas, inves-

tigadores, poderes públicos y sociedad en general se saque todo el partido a una información que tanto esfuerzo ha requerido tanto de las Administraciones Públicas como de los informantes, sin cuya contribución no sería posible realizarlas.

No hay que olvidar que la estadística pretende describir y explicar la realidad desde todos los puntos de vista y que hoy en día es incuestionable la necesidad de disponer de información fiable en una sociedad cada día más globalizada e interdependiente. Es imprescindible disponer de datos estadísticos de calidad para que los distintos agentes de la sociedad puedan tomar decisiones fundamentadas, basadas en un conocimiento de la realidad sobre la que se pretende actuar.

Pero para ello es imprescindible no sólo producir la información que la sociedad demande, vocación de la estadística oficial, sino también divulgar, mostrar la riqueza que hoy por hoy está al alcance de todos y que en algunos casos es desconocida. Y ése ha sido el interés que nos ha movido en este trabajo.

6. Referencias

RODRÍGUEZ FEO, Jesús y VILLEGAS, Pedro: *Necesidades energéticas de la economía vasca. Estudio de su evolución 1985/1990.*

RODRÍGUEZ FEO, Jesús y VILLEGAS, Pedro: *Tablas Input/Output de la C.A. de Euskadi 1990. Análisis de resultados.*

Impacto económico de la clausura de una planta nuclear, Almaraz (España)

Patricia Fuentes Saguar

Profesora Contratada-Doctora de Departamento de Economía de la Universidad Pablo de Olavide

Manuel Alejandro Cardenete

Catedrático de Economía Aplicada en la Universidad Pablo de Olavide

Juan Antonio Vega Cervera

Catedrático de Departamento de Economía, Universidad de Extremadura

1. Introducción

La energía eléctrica de origen nuclear en el mundo nos acompaña desde la segunda mitad del siglo xx. Centrales nucleares como las conocemos ahora comenzamos a verlas en funcionamiento en los años 60. Los años 70 y sobre todo los 80 suponen el boom de este tipo de energía. Dados sus años de construcción, muchas nucleares comienzan a tener un problema de antigüedad. Mayoritariamente, los organismos internacionales de supervisión nuclear (IAEA, NEA o ECC) alertan de este aspecto sin terminar de concluir cual es la vida operativa de una planta nuclear. En la actualidad se maneja una doble opción, la ampliación de la vida operativa realizando un considerable esfuerzo inversor en su actualización y mantenimiento o bien su cierre y posterior desmantelamiento.

Cuando se plantea la clausura de una planta nuclear, se producen considerables problemas técnicos pero también económicos. Ahora bien, así como los procesos técnicos son cuidadosamente estudiados con protocolos de actuación específicos, en muchos casos, se desconoce las implicaciones económicas. Se observa en las memorias de desmantelamiento de las plantas un detalle técnico pero se omite el impacto económico. Estos impactos son al menos de dos tipos, de carácter microeconómico y macroeconómico. Entre ambos, el impacto microeconómico es el más importante, cuando se producen efectos directos, indirectos e inducidos en el entorno más cercano a la central. Es indiscutible que se trata de una gran inversión, realizada mayoritariamente en zonas rurales y que de algún modo suponen un motor económico para esas áreas. Motor que desaparece con el cierre de la central con sus lógicos impactos en empleo y en generación de valor añadido. Pero también se produce un impacto de carácter macroeconómico, afectando a las cuentas globales de la energía del país. No puede obviarse que el KWh producido por una central nuclear amortizada es extremadamente competitivo respecto a otras fuentes energéticas. En este trabajo nos centramos en el impacto microeconómico de la zona más cercana a la planta.

La medición se realiza a través de modelos SAM (Social Accounting Matrix) lineales con modelos de entropía cruzada para el ajuste de datos. Este modelo es claramente superior a los tradicionales modelos *Input/Output* dado que recogen además de los efectos directos e indirectos también los efectos inducidos. El origen de la teoría de los multiplicadores está en Stone (1978), y Pyatt y Round (1979), desarrollándose posteriormente con trabajos como los de Defourney y Thorbecke (1984). Su divulgación internacional es muy amplia en una gran variedad de sectores. A modo de ejemplo, Hara (2008) utiliza SAM aplicadas al sector turístico internacional, Cazarro, Duarte, Sánchez-Chóliz, J. (2010) realizan otro trabajo en el sector

de agua, Santos (2010) trabaja analizando efectos de impactos de política económica en Portugal y Lenzen y Schaeffer (2004) en Brasil o Seung y Waters (2006) para la industria pesquera en Alaska.

En nuestro caso y dado que aplicamos el modelo a una central nuclear española, nos centramos en la evolución y análisis de la modelización en España. Así, Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1988), Polo y Sancho (1993) elaboraron la primera SAM cuadrada para España para el año 1987; Uriel, Beneito, Ferri y Moltó (1997) presentan la SAM para España de 1990 y Cardenete y Sancho (2006) que publican la SAM para la economía española de 1995. Cardenete y Fuentes (2009) realizan un estudio pormenorizado de las SAM en el entorno energético español. En la Comunidad de Extremadura, donde se ubica la central, De Miguel y Manresa (2004) configuran la única SAM existente de 1990, matriz utilizada como base en este trabajo.

Los principales resultados sugieren un importante efecto sobre el empleo de la zona y sobre la generación de valor añadido donde se ubica. En este punto, el contraste con otros análisis es más complicado porque la bibliografía específica que desarrolla estudios de impacto económico de una planta nuclear es mucho más escasa, incluso en el ámbito internacional. Destacamos los trabajos clásicos de Shurcliff (1975), Lewis (1986) y Bergmann y Pijawka (1981). Otros trabajos más actuales centrados en el impacto económico de plantas nucleares son Slovic (2006), Greenberg (1999), Frisch (1998), Noland (2006) y NEI (2006, 2008). En el caso español, Vega (1997 a y b) y Rodríguez (2005) desarrollan análisis diferenciados sobre el impacto económico de una central nuclear. La metodología utilizada en la mayoría de los casos son modelos *Input/Output* o análisis Coste-Beneficio. En algún caso se analiza el impacto asociado a la construcción de una planta nuclear, y en otros casos un análisis económico derivado del desmantelamiento y cierre. Parte de los trabajos señalados sugieren un escaso impacto en términos socioeconómicos de las plantas nucleares en su entorno más próximo. No obstante, análisis realizados con modelos *Input/Output* o análisis Coste-Beneficio omiten mayoritariamente la estimación de los efectos inducidos, que en nuestro caso suponen más del 70% de la medición del impacto. Este hecho ha podido afectar a los resultados propuestos en esos trabajos.

En resumen, nuestro trabajo tiene un doble objetivo, primero, mostrar una metodología que pudiera ser adecuada para la medición de este tipo de estudios y, segundo, dar a conocer la magnitud del impacto económico que se produce cuando se cierra una planta nuclear. Observamos que estos impactos, en general, son poco conocidos y escasamente tenidos en cuenta por las empresas propietarias y/o por las autoridades energéticas de cada país. El trabajo pues, pretende ofrecer un punto de vista económico de lo que sucede cuando una planta nuclear es cerrada.

2. Antigüedad del parque nuclear mundial

Uno de los principales debates que tiene la energía nuclear en la actualidad es la antigüedad de su parque. Los reactores nucleares operativos actualmente en el mundo tienen, a 31 de Diciembre de 2010, una antigüedad media de 26 años y 8 meses, siendo además mayoría los reactores con más de 20 años de antigüedad (339 sobre un total de 436, con una potencia neta instalada de 283.416 MW). Ahora bien, hay diferencias entre países, por ejemplo, Estados Unidos (el 93% de sus plantas nucleares supera los 20 años de antigüedad), Rusia (87% con más de 20 años) o con el conjunto de países de la Unión Europea (86%). En el otro extremo, la India (el 65% de sus centrales tiene menos de 20 años), Corea del Sur (el 60% de las centrales no supera los 20 años) y, sobre todo, de China, donde sus 11 centrales nucleares llevan menos de 20 años en operación comercial. Parece evidente, pues, que mientras países como China, Corea del Sur, la India, México o Brasil tienen por delante varios años de explotación de sus actuales centrales nucleares, otros países, como Suiza, Argentina, Estados Unidos o Rusia tienen reactores mucho más antiguos.

No existen criterios claros en el ámbito internacional para considerar obsoleta una central nuclear a partir de determinada antigüedad. Así por ejemplo, en Estados Unidos se amplía la vida útil de las centrales nucleares hasta 60 años siempre y cuando tengan los requisitos adecuados de seguridad, y en Francia reciben inspecciones a partir de los 30 años y se renuevan los permisos si cumplen sus criterios. Otros países, como España, tienden a considerar fijo el plazo de vida útil, 40 años, aunque este criterio ha tenido notables variaciones.

Tabla 1. Antigüedad, a 31 de diciembre de 2010, de los reactores nucleares operativos en el mundo

	Menos 20 años		20 o más años		Antigüedad media	
	N.º	Potencia neta (MW)	N.º	Potencia neta (MW)	Años	Meses
Argentina	0	0	2	935	32	2
Armenia	0	0	1	376	30	11
Brasil	1	1.275	1	491	19	7
Canadá	4	3.512	14	9.065	26	10
China	11	8.438	0	0	9	11
Corea del Sur	12	11.036	8	6.611	17	11
Estados Unidos	7	8.209	97	92.474	31	1
India	11	2.798	6	984	19	8
Japón	19	19.378	34	26.579	25	6
México	2	1.300	0	0	18	11
Pakistán	1	300	1	125	24	10
Rusia	4	3.775	27	17.968	28	8
Sudáfrica	0	0	2	1.800	26	1
Suiza	0	0	5	3.238	35	8
Taiwán	0	0	6	4.949	29	3
Unión Europea 27	20	22.034	125	109.464	27	25
Ucrania	5	4.750	10	8.357	21	11
TOTAL	97	86.805	339	283.416	26	8

Fuente: Elaboración a partir de datos de la International Atomic Energy Agency (2011).

Nuestro análisis se centra en la central nuclear de Almaraz, en España. La central cuenta con dos reactores de agua ligera a presión (930 MW cada uno). En España, aproximadamente un 20% de toda la demanda de energía se suministra con plantas nucleares y Almaraz suministra una cuarta parte de toda la producción energética nuclear. Se trata pues de la planta de producción de energía más importante de España. Produjo 15.849 GWh en 2011 lo que supuso el 5,67% de la producción bruta española. El primero de sus reactores está operativo desde mediados de 1981, mientras que el segundo está conectado a la red eléctrica desde 1983. Por tanto, su antigüedad media es de unos 30 años a diciembre de 2010. En España, igualmente a 31 de diciembre de 2010, el parque nuclear era de 8 reactores con una potencia media de 7.850 MW. Su antigüedad media en esa fecha era de 27 años y 7 meses, por tanto, parque nuclear muy similar a la media española y mundial. Por último, Almaraz, se ubica en un entorno rural que afecta a unos 30.000 habitantes en una serie de municipios dispersos a unos 180 km al oeste de Madrid, ciudad que recibe la mayor parte de su producción. La central emplea de forma directa a unos 700 trabajadores, cifra que se triplica en los procesos anuales de recarga del combustible. En resumen, Almaraz es una central que por su estructura productiva, por su antigüedad, por su ubicación y por el entorno económico donde desarrolla su actividad, se sitúa en la media general de las centrales nucleares en el mundo, por tanto idónea para realizar un estudio de impacto económico como el descrito.

3. Modelo SAM Lineal

El Modelo SAM lineal, parte como una extensión del conocido Modelo Leontief. En una economía con n sectores, la ecuación clásica del Modelo Leontief viene definida como:

$$Y_j = A_j Y_j + D_j \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Donde Y es el vector de producción, A la matriz de propensiones medias de gasto de la SAM cuyos elementos representan coeficientes medios de gasto: $a_{ij} = Y_{ij} / Y_j$, y mostrando los pagos a la cuenta i por unidad de renta de j , y D el vector de demandas finales.

Operando (1), al despejar el vector de producción Y , obtenemos la matriz $M = (I - A)^{-1}$, conocida como la Inversa de Leontief, siendo cada elemento de M (m_{ij}) los multiplicadores simples del Modelo Leontief que pueden interpretarse como las necesidades de *inputs* por incrementos unitarios de gasto o renta. Se llaman simples porque no captan las relaciones entre la producción, la renta de los factores, la distribución de la renta y la demanda final.

El Modelo SAM lineal extiende el Modelo de Leontief para capturar esos enlaces. Considera una matriz cuadrada $n \times n$ donde cada fila y cada columna representa una cuenta económica (sectores productivos, consumidores, gobierno, cuenta de capital, etc.) que satisface las igualdades contables de la economía (total renta igual a total gasto). Cada componente Y_{ij} de la matriz representa el flujo bilateral entre la cuenta i y la cuenta j . Cada fila de la SAM recoge el total de ingresos que la fila i recibe de las columnas j ; las columnas muestran el total de renta de la columna j y como se distribuye entre las distintas cuentas i . Los coeficientes medios de gasto: $a_{ij} = Y_{ij} / Y_j$, $j = 1, \dots, n$, muestran de nuevo los pagos a la cuenta i por unidad de renta de j . De esta definición se puede obtener:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n (Y_j / Y_j) Y_j = \sum_{j=1}^m a_{ij} Y_j + \sum_{j=m+1}^{m+k} a_{ij} Y_j \quad n = m + k \quad (2)$$

Los índices m y k representan la división de las cuentas de la SAM entre endógenas y exógenas, lo que divide la matriz $n \times n$ en 4 submatrices: A_{mm} , A_{mk} , A_{km} y A_{kk} . Y_m e Y_k denotan la renta total de las cuentas endógenas y exógenas respectivamente, por lo que se puede despejar Y_m y obtener

$$Y_m = A_m Y_m + A_{km} Y_k \quad (3)$$

y de ahí siguiendo el mismo procedimiento que con la ecuación de Leontief se puede obtener la matriz de multiplicadores extendidos a partir de

$$Y_m = (I - A_m)^{-1} Z \quad (4)$$

siendo Z el vector de las columnas exógenas ($A_{mk} Y_k$), y $(I - A_{mm})^{-1}$ la matriz de los multiplicadores extendidos de la SAM a la que llamaremos M , siendo su interpretación similar a la que tiene la inversa en el Modelo Leontief, si llamamos dZ a los cambios en el vector de cuentas exógenas, los cambios en la renta de las cuentas endógenas sería:

$$dY_m = M dZ = M d(A_{mk} Y_k) = M A_{mk} dY_k \quad (4)$$

donde un elemento genérico m_{ij} indica el efecto que una inyección exógena de una unidad de renta recibida por una cuenta endógena j genera sobre la cuenta endógena i . La estructura de la SAM obtenida y aplicada en el modelo para los años 2010 y 2020 puede observarse en el Anexo.

En este punto aplicamos la metodología de descomposición de multiplicadores a partir de Defourny y Thorbecke (1984) y Pyatt y Round (1985), y a partir de trabajos como los de Polo, Roland Host y Sancho (1990) para la economía española. Esta metodología nos permite incorporar otros vínculos, además de los ya comentados arriba (inter industriales), que se producen entre las rentas de los factores primarios y las diversas instituciones que forman la demanda final.

Partiendo de la ecuación básica desarrollada en los apartados anteriores,

$$Y_m = A_m Y_m + Z \quad (5)$$

sumamos y restamos la matriz A'_{mm} en la que todos sus elementos son cero exceptuando los de las filas y columnas correspondientes a las actividades productivas:

$$Y_m = (A_m - A'_{mm}) Y_m + A'_{mm} Y_m + Z \quad (6)$$

$$Y_m = A^* Y_m + (I - A'_{mm})^{-1} Z \quad (7)$$

Siendo $A^* = (I - A'_{mm})^{-1} (A_{mm} - A'_{mm})$, multiplicando ambos lados de la ecuación (7) por A^* obtenemos,

$$A^* Y_m = A^{*2} \cdot Y_m + A^* (I - A'_m)^{-1} Z \quad (8)$$

Sustituyendo $A^* Y_m$ de la ecuación (7) en el lado izquierdo de la ecuación tenemos,

$$Y_m = A^{*2} \cdot Y_m + (I + A^*) (I - A'_m)^{-1} Z \quad (9)$$

Repitiendo esta operación multiplicando de nuevo por A^* y sustituyendo obtenemos,

$$Y_m = (I - A^{*3})^{-1} (I + A^* + A^{*2}) (I - A'_m)^{-1} Z \quad (10)$$

De donde podemos separar las siguientes matrices,

1. $M_1 = (I - A')^{-1}$, que recoge los efectos propios, directos o de transferencia, debidos a transferencias intra-actividades, y que refleja los efectos que sobre una cuenta tiene una inyección exógena de renta en ella misma.
2. $M_2 = (I + A^* + A^{*2})$, recoge los efectos abiertos o indirectos, y que refleja los efectos que tiene una inyección exógena de renta en una cuenta sobre el resto de cuentas endógenas.
3. $M_3 = (I - A^{*3})^{-1}$, recoge los efectos circulares o inducidos que contienen los efectos de retroalimentación.

Con este procedimiento se logra descomponer la matriz de multiplicadores contables en otras tres matrices mediante una expresión multiplicativa siguiendo a Pyatt y Round (1985). Expresando los multiplicadores de forma aditiva obtenemos:

$$M = M_1, M_2, M_3 = I + (M_1 - I) + (M_2 - I)M_1 + (M_3 - I) M_2 M_1 \quad (11)$$

$M - I$ es el efecto multiplicador total neto.

$N_1 = M_1 - I$ es el efecto neto propio o directo (efecto sobre las actividades productivas endógenas).

$N_2 = (M_2 - I) \cdot M_1$ es el efecto neto abierto o indirecto (efecto sobre el resto de las cuentas endógenas).

$N_3 = (M_3 - I) \cdot M_2 \cdot M_1$ es el efecto neto circular o inducido (efecto debido al flujo circular de la renta).

De forma que la ecuación (11) podemos expresarla como:

$$M - I = N_1 + N_2 + N_3 \quad (12)$$

En estas expresiones la matriz I o matriz identidad nos permite sustraer la inyección de renta inicial para cada uno de los efectos, para de esta forma poder hablar de una descomposición expresada en términos netos.

4. Resultados

La simulación que realizamos consiste en suponer que la central no realiza ninguna actividad en los años 2010 y 2020, y, por tanto, no tiene consumos ni paga salarios, lo que concretamos restando del vector de cuentas exógenas (más concretamente de la cuenta de energía) el gasto que la nuclear realiza de las cuentas endógenas para cada año. Los consumos dejados de realizar en la simulación se concentran en tres cuentas: *Productos químicos, Transporte y comunicaciones y Otros servicios destinados a la venta*.

Los resultados del modelo expuesto pueden observarse en la primera tabla donde se verifican las ventajas que tiene el análisis SAM frente al tradicional enfoque *Input/Output*, dado que estos efectos inducidos representan mayoritariamente el impacto de cualquier shock que pudiera recibir la economía de análisis, por lo que su no incorporación devalúa claramente un estudio de este tipo.

Comenzando con la tabla 2 su interpretación directa es sencilla, por ejemplo, un shock que se produjera en la economía regional implicaría en el capítulo 1 *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca* un efecto propio del 23,7 por ciento, es decir, un efecto sobre la propia actividad productiva, un efecto abierto o indirecto del 6,4 por ciento, es decir, un efecto sobre el resto de las cuentas endógenas y, por último, un efecto inducido del 69,9 por ciento, es decir, un efecto debido al flujo circular de la renta. El resto de las quince cuentas endógenas representaría el conjunto del comportamiento de la economía regional, recogiendo con detalle, el impacto que se estuviera analizando.

Tabla 2. Descomposición de los Efectos netos totales en Efectos propios, abiertos y circulares (en porcentajes)

	% N_1	% N_2	% N_3
	Efecto propio	Efecto abierto	Efecto inducido
1. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	23,7	6,4	69,9
3. Productos químicos	29,8	7,3	62,9
4. Productos metálicos, máquinas y material eléctrico	29,4	7,2	63,4
5. Material de transporte	8,8	7,3	84,0
6. Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco	30,2	7,2	62,6
7. Textiles, cuero y calzados, vestido	25,3	6,8	67,9
8. Papel, artículos de papel, impresión	21,0	7,2	71,8
9. Productos de industrias diversas	31,7	7,3	61,0
10. Construcción	25,0	7,2	67,8
11. Recuperación y reparación, comercio y hostelería	20,4	7,2	72,4
12. Transportes y comunicaciones	23,8	7,4	68,8
13. Servicios de las instituciones de crédito y seguros	12,7	7,3	80,0
14. Otros servicios destinados a la venta	8,4	7,1	84,6
15. Servicios no destinados a la venta	19,5	6,4	74,1
Media simple*	18,2	9,2	72,5

* La media simple está calculada sobre las diecisiete cuentas endógenas.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando las variaciones porcentuales que acontecen en los tres casos, dado que, como ya hemos señalado, se asume que no hay cambio tecnológico y que las variaciones en los valores contenidos en las SAM de los años 2010 y 2020 proceden sólo del crecimiento económico pero mantiene la tecnología del año 2000, los porcentajes correspondientes a cada uno de los efectos, tanto para la caída del *output* como del empleo, obtenidos para las tres simulaciones son los mismos. En este sentido, cabe destacar que el mayor de los tres efectos es el inducido, es decir, el debido al flujo circular de la renta (N_3), en todos los casos, lo que muestra el interés del modelo utilizado. Le sigue en importancia el efecto propio (N_1), como era de esperar, al evaluarse un shock sobre las actividades productivas principalmente.

A continuación mostramos las proyecciones de las simulaciones efectuadas para una potencial inactividad de la central nuclear de Almaraz en la economía de la zona bajo dos escenarios diferentes y sobre dos variables estudiadas: años 2010 y 2020 y el impacto en el *output* sectorial y en el empleo. En concreto, presentamos las variaciones en el *output* sectorial desagregado en efectos para cada una de las tres bases de datos, así como el impacto por la generación de desempleo.

Comenzando por la variación en el *output* del año 2010 observamos en la tabla 3 como destaca la caída sufrida por la rama *Otros servicios destinados a la venta*, como era de esperar, ya que es el sector más afectado por la reducción del gasto. El impacto de esta rama de actividad implica un 22,49% de la repercusión total de la clausura de la planta.

En similares porcentajes se encuentra el sector 11 (*Recuperación, reparación, comercio y hostelería*), a pesar de que esta cuenta no sufre una reducción directa de demanda por parte de la nuclear, segu-

Tabla 3. Impacto en el output sectorial, año 2010 (miles de euros)

	Efecto				
	Propio (N_1)	Abierto (N_2)	Circular (N_3)	Total	Total %
1. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	-1.532	-417	-4.519	-6.468	12,02
3. Productos químicos	-515	-127	-1.086	-1.728	3,21
4. Productos metálicos, máquinas y material eléctrico	-498	-123	-1.075	-1.696	3,15
5. Material de transporte	-42	-35	-399	-476	0,88
6. Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco	-2.096	-500	-4.353	-6.949	12,91
7. Textiles, cuero y calzados, vestido	-623	-167	-1.670	-2.460	4,57
8. Papel, artículos de papel, impresión	-89	-30	-304	-423	0,79
9. Productos de industrias diversas	-333	-77	-641	-1.051	1,95
10. Construcción	-310	-90	-842	-1.242	2,31
11. Recuperación y reparación, comercio y hostelería	-2.700	-956	-9.598	-13.254	24,63
12. Transportes y comunicaciones	-832	-257	-2.402	-3.490	6,49
13. Servicios de las instituciones de crédito y seguros	-216	-124	-1.359	-1.699	3,16
14. Otros servicios destinados a la venta	-1.013	-855	-10.235	-12.103	22,49
15. Servicios no destinados a la venta	-151	-49	-573	-774	1,44
Total	-10.948	-3.806	-39.056	-53.810	100,00

Fuente: Elaboración propia.

ramente debido a tratarse de un sector muy sensible, dentro de la economía regional, a variaciones de renta. Es decir, de haberse cerrado la planta, como inicialmente estaba previsto en los planes gubernamentales españoles, el impacto de ambos sectores supondría un 47% de la repercusión total de la clausura.

Le sigue en importancia el Sector Primario y la Industria de la Alimentación, Bebidas y Tabaco, que al igual que la cuenta 11, aunque con menor efecto, se ven fuertemente afectados por el shock a pesar de no tener reducción directa en su demanda. De nuevo se trata de sectores de gran importancia para la economía de la zona donde se ubica la planta, que son altamente sensibles a cualquier variación de renta producida en la economía.

El efecto total de este impacto es superior a 53 millones de euros en 2010 en las cuentas económicas regionales, de los que por efectos circulares se alcanzan 39 millones de euros y 10,9 millones de euros por efectos propios. Más residual es la variable N_2 —efectos abiertos— con algo más de 3,8 millones de euros.

En resumen, sobre los quince sectores analizados, tan solo cuatro sectores, cap. 14 *Otros servicios destinados a la venta*, cap. 11 *Recuperación y reparación, comercio y hostelería*, cap. 6 *Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco* y cap. 1 *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca*, recogen el 72,05% del impacto total. Dos aspectos a destacar, en primer lugar, la atomización del efecto en el sentido descrito con anterioridad aunque, en todos los casos son sectores de importancia para la estructura económica de la zona y, en segundo lugar, la escasa incidencia en sectores que, a priori, podrían quedar afectados como *Productos de industrias diversas* y *Productos metálicos, máquinas y material eléctrico*.

Continuando para este mismo año con el impacto en el empleo, tabla 4, vemos como son los mismos sectores señalados anteriormente los más afectados. Si nos paramos ahora en la columna de efecto total observamos como después del efecto en el propio Sector Energético, el mayor efecto lo tenemos sin embargo en la rama de *Recuperación, reparación, comercio y hostelería*.

Vuelven a apreciarse los aspectos de atomización anteriormente descritos. El impacto sobre el empleo en esta perspectiva temporal puede resumirse en algo más de una tercera parte en el Sector Servicios, en concreto los capítulos 11 y 14, *Recuperación, reparación, comercio y hostelería* y *Otros servicios destinados a la venta*, otra tercera parte por el impacto propio de la central y el último tercio para el resto

Tabla 4. Impacto en el empleo sectorial, año 2010 (puestos de trabajo)

	Efecto				
	Propio (N ₁)	Abierto (N ₂)	Circular (N ₃)	Total	Total %
1. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	-15,8	-4,3	-46,6	-66,7	6,05
3. Productos químicos	-2,3	-0,6	-4,8	-7,6	0,69
4. Productos metálicos, máquinas y material eléctrico	-10,6	-2,6	-22,8	-35,9	3,26
5. Material de transporte	-0,1	-0,1	-0,9	-1,1	0,10
6. Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco	-17,4	-4,2	-36,2	-57,8	5,25
7. Textiles, cuero y calzados, vestido	-0,1	0,0	-0,4	-0,5	0,05
8. Papel, artículos de papel, impresión	-1,0	-0,3	-3,4	-4,8	0,43
9. Productos de industrias diversas	-0,7	-0,2	-1,3	-2,1	0,19
10. Construcción	-2,9	-0,8	-7,7	-11,4	1,03
11. Recuperación y reparación, comercio y hostelería	-48,3	-17,1	-171,8	-237,3	21,53
12. Transportes y comunicaciones	-15,4	-4,8	-44,5	-64,6	5,86
13. Servicios de las instituciones de crédito y seguros	-2,3	-1,3	-14,3	-17,9	1,62
14. Otros servicios destinados a la venta	-12,9	-10,9	-130,7	-154,6	14,03
15. Servicios no destinados a la venta	-6,6	-2,2	-25,0	-33,8	3,06
2. Energía*	—	—	—	-406,0	36,84
Total actividades productivas	-136,3	-49,3	-510,5	-1.102,1	100,00

* Presentamos la cuenta de Energía (2) al final por tratarse de una cuenta exógena pero que debe ser incluida en esta tabla ya que hay una destrucción de empleo directa por parte de la nuclear en forma de los despidos debidos a su inactividad.

Fuente: Elaboración propia.

de los sectores. En otras palabras, los efectos inducidos hacia el sector servicios y los propios por la inactividad de la central suponen más del 70% del impacto económico.

El efecto total en términos de empleo supondría, según las estimaciones que hemos realizado, un aumento del desempleo de algo menos de medio punto porcentual del total regional para el año 2000 (concretamente de alrededor de un 0,4% en este caso).

Tabla 5. Impacto en el output sectorial, año 2020 (miles de euros)

	Efecto				
	Propio (N ₁)	Abierto (N ₂)	Circular (N ₃)	Total	Total %
1. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	-2.312	-629	-6.818	-9.758	10,73
3. Productos químicos	-783	-193	-1.653	-2.629	2,89
4. Productos metálicos, máquinas y material eléctrico	-759	-187	-1.638	-2.584	2,84
5. Material de transporte	-63	-52	-601	-716	0,79
6. Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco	-3.160	-754	-6.564	-10.478	11,52
7. Textiles, cuero y calzados, vestido	-938	-252	-2.517	-3.708	4,08
8. Papel, artículos de papel, impresión	-139	-48	-476	-662	0,73
9. Productos de industrias diversas	-514	-119	-989	-1.622	1,78
10. Construcción	-475	-138	-1.289	-1.902	2,09
11. Recuperación y reparación, comercio y hostelería	-4.086	-1.447	-14.527	-20.060	22,06
12. Transportes y comunicaciones	-1.238	-382	-3.576	-5.197	5,71
13. Servicios de las instituciones de crédito y seguros	-333	-190	-2.090	-2.613	2,87
14. Otros servicios destinados a la venta	-2.331	-1.967	-23.548	-27.845	30,62
15. Servicios no destinados a la venta	-227	-74	-864	-1.165	1,28
Total	-17.358	-6.431	-67.150	-90.938	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, las tablas 5 y 6 muestran los resultados obtenidos para el escenario temporal del año 2020.

De nuevo los resultados son los esperados en cuanto a qué ramas son las más afectadas, con pequeñas variaciones en las primeras posiciones entre los mismos sectores.

Vuelve a ser la rama de *Otros servicios destinados a la venta* la que mayor caída sufre, de nuevo debido tanto a la gran importancia del sector en la economía regional como a un aumento en la reducción del consumo que, de este sector, realiza la central nuclear. Cabe destacar el bajo impacto que tienen, en términos comparativos, las otras dos ramas que sufren reducción directa de su demanda por parte de la central.

Nuevamente los capítulos contables 11 y 14 suponen más del 50% del impacto por la no continuidad de la planta, *Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco* y *Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca* cerrarían la mayor parte del shock.

El impacto conjunto en el horizonte temporal de 2020 asciende a prácticamente 91 millones de euros, la mayor cifra de impacto de las dos estimaciones realizadas, resultado obtenido a partir de los supuestos de partida y evolución económica establecida y descritos en apartados anteriores.

La tabla 6 cierra el conjunto de estimaciones realizadas para observar el impacto económico por la no continuidad de la central de Almaraz. El resultado global supone una cifra cercana a 2.900 trabajadores afectados por el cierre de la misma. El impacto ahora varía respecto a cálculos anteriores dado que la cuenta de *Otros servicios destinados a la venta* va incrementando su caída en términos relativos alcanzando prácticamente el 46% del total del impacto. Si a este se le añade el otro sector más ampliamente afectado *Recuperación, reparación, comercio y hostelería* alcanzan prácticamente dos terceras partes de la alteración económica. Ahora, el capítulo 2 *Energía* pasa a ser más marginal dentro de la importancia que tiene. Los tres capítulos destacados suponen una absorción del impacto del 78,12%.

Tabla 6. Impacto en el empleo sectorial, año 2020 (puestos de trabajo)

	Efecto				
	Propio (N ₁)	Abierto (N ₂)	Circular (N ₃)	Total	Total %
1. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca	-63,4	-17,3	-187,0	-267,7	9,24
3. Productos químicos	-19,6	-4,8	-41,3	-65,7	2,27
4. Productos metálicos, máquinas y material eléctrico	-2,4	-0,6	-5,2	-8,3	0,28
5. Material de transporte	-0,7	-0,6	-6,4	-7,7	0,26
6. Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco	-0,9	-0,2	-1,8	-2,9	0,10
7. Textiles, cuero y calzados, vestido	-12,9	-3,5	-34,7	-51,1	1,76
8. Papel, artículos de papel, impresión	-0,3	-0,1	-1,0	-1,3	0,05
9. Productos de industrias diversas	-5,5	-1,3	-10,6	-17,4	0,60
10. Construcción	-10,1	-2,9	-27,5	-40,6	1,40
11. Recuperación y reparación, comercio y hostelería	-107,9	-38,2	-383,5	-529,5	18,28
12. Transportes y comunicaciones	-18,9	-5,8	-54,4	-79,1	2,73
13. Servicios de las instituciones de crédito y seguros	-4,5	-2,6	-28,3	-35,4	1,22
14. Otros servicios destinados a la venta	-111,1	-93,8	-1.122,5	-1.327,4	45,82
15. Servicios no destinados a la venta	-11,1	-3,6	-42,1	-56,8	1,96
2. Energía*	—	—	—	-406,0	14,02
Total actividades productivas	-369,2	-175,2	-1.946,4	-2.896,8	100,00

* Presentamos la cuenta de Energía (2) al final por tratarse de una cuenta exógena pero que debe ser incluida en esta tabla ya que hay una destrucción de empleo directa por parte de la nuclear en forma de los despidos debidos a su inactividad.

Fuente: Elaboración propia.

A modo de resumen, la tabla 7 concentra los principales resultados de las simulaciones efectuadas. En ella se exponen los impactos totales en *output* y en empleo para la región donde se ubica la central en los dos escenarios temporales analizados.

Tabla 7. Efectos totales en output y empleo en Extremadura

Año	Output (miles de euros)	Empleo (puestos de trabajo)
2010	-53.809,5	-1.102
2020	-90.938,2	-2.897

Fuente: Elaboración propia a partir de las SAM estimadas.

Especialmente significativos son los impactos sobre el empleo por lo que cabe realizar algún comentario adicional. La variabilidad de las cifras se explica por diferentes aspectos, modelo utilizado, supuestos de partida, carencias en bases de datos además del diferente comportamiento de la economía regional en un período tan largo pero resultan determinantes en el cómputo global.

Si como está previsto, la planta pudiera cerrarse en 2020, dado que recibió en 2010 su nueva licencia de operación por 10 años, encontraríamos un escenario de un desempleo generado de 2.897 puestos de trabajo y unos 91 millones de euros en las cuentas regionales. Pero, si se hubiera cerrado en 2010, el impacto hubiera sido prácticamente la mitad. Estas cifras representan un importante shock tanto en la región donde se ubica la planta como en la zona más próxima a la misma.

5. Conclusiones

La conclusión de este trabajo es doble, por una parte, visualizar un modelo económico adecuado para determinar los efectos económicos del cierre de una planta nuclear y, por otra, estimar el impacto real en la economía donde se ubica, en nuestro caso la central nuclear de Almaraz en España. Como herramienta de análisis empleamos un Modelo SAM lineal adaptado a nuestro estudio. Los parámetros del modelo han sido obtenidos a partir de la única SAM regional disponible a 1990, actualizada para el año 2000 y proyectada para los años 2010 y 2020.

Podemos hablar de un importante impacto tanto en términos de *output* como de empleo, dado que la potencial clausura de la central de Almaraz supondría una caída significativa de ambos. Si tenemos en cuenta, además, que la simulación realizada no contempla toda la reducción de actividad dado que, por ejemplo, no se incluye la reducción de consumo energético, de gran importancia en este caso, dado que la cuenta de energía es exógena y por lo tanto fija, podemos concluir diciendo que la reducción de la actividad de la central nuclear tendría un importante efecto negativo sobre la economía regional.

Más en concreto, si como establece la legislación en España, la planta cerrara en 2020, el panorama económico que describiría sería de un impacto en términos de empleo en torno a 2.900 trabajadores afectados (directos, indirectos e inducidos) y de un shock en torno a 91 millones de euros sobre las cuentas económicas regionales. Entendemos que la zona más próxima a la central sería la que recibiría el impacto directo y que, de alguna manera, deberían arbitrase ayudas que minoraran este efecto.

Teniendo en cuenta que el parque nuclear mundial es bastante antiguo, plantas nucleares que estuvieran en fase de clausura o cierre o que estuvieran planeando tal decisión deberían tener en cuenta que se producen este tipo de efectos económicos y que deberían arbitrase potenciales compensaciones o ayudas, especialmente en las áreas más cercanas a las centrales.

6. Anexo

Estructura de la SAM utilizada para los años 2010 y 2020 así como la distribución original y final de cuentas.

Los datos originales utilizados se obtienen de la única SAM regional existente referida a 1990 (De Miguel y Manresa, 2004, y Llop, Manresa y De Miguel, 2002). Debido al importante desfase temporal de esta matriz, ha resultado necesario desarrollar una actualización de la misma. En nuestro caso hemos empleado el método de actualización de entropía cruzada (Golan, Judge y Robinson, 1994, y Robinson, Cattaneo y EL-Said, 2001). En líneas generales, este procedimiento exige disponer tan sólo de una matriz SAM de partida (en nuestro caso, la anterior SAM-1990), así como de los totales por filas o columnas (marginales) en el nuevo año de referencia para cada una de las cuentas incorporadas. En esta actualización hemos optado por considerar el año 2000 como año de referencia para la nueva SAM proyectándola para 2010 y 2020.

Producción: 16 sectores.

Cuenta 1: Agricultura, silvicultura y pesca. Cuenta 2: Energía, minerales y productos minerales no metálicos. Cuenta 3: Productos químicos. Cuenta 4: Productos metálicos, máquinas y material eléctrico. Cuenta 5: Material de transporte. Cuenta 6: Industrias de la alimentación, bebidas y tabaco. Cuenta 7: Textiles, cuero y calzados, vestido. Cuenta 8: Papel, artículos de papel, impresión. Cuenta 9: Productos de industrias diversas. Cuenta 10: Construcción. Cuenta 11: Recuperación y reparación, comercio y hostelería. Cuenta 12: Transportes y comunicaciones. Cuenta 13: Servicios de las instituciones de crédito y seguros. Cuenta 14: Otros servicios destinados a la venta. Cuenta 15: Servicios no destinados a la venta.

Factores de producción: 2 sectores.

Cuenta 16: Factor trabajo. Cuenta 17: Factor capital. Bienes de consumo: 1 sector. Cuenta 18: Consumo privado. Ahorro/Inversión. 1 sector. Cuenta 19: Cuenta agregada de capital. Impuestos: 6 sectores. Cuenta 20: Impuestos netos indirectos. Cuenta 21: Impuestos directos. Gobierno: 1 sector. Cuenta 22: Gobierno. Sector exterior: 1 sector. Cuenta 23: Sector exterior.

Anexo. Matriz de contabilidad social de Extremadura del año 2010 (millones de euros)

Cuenta	Cuenta												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.023,9	0,3	8,8	0,3	0,0	783,5	5,8	0,0	63,9	0,9	147,9	0,0	0,0
2	41,8	182,3	9,0	122,9	0,5	23,8	3,3	1,2	11,7	422,6	86,1	98,3	6,2
3	179,9	3,8	12,4	8,5	0,1	15,5	3,1	1,9	11,9	61,5	17,2	0,8	0,4
4	143,0	70,2	0,9	150,7	0,2	18,0	1,9	0,1	9,5	379,6	11,4	22,3	4,3
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	7,2	0,0
6	116,8	0,0	0,0	0,0	0,0	98,2	0,3	0,0	0,0	0,0	335,4	0,0	0,0
7	1,5	0,1	0,1	1,1	0,0	1,0	33,5	0,1	1,3	1,0	2,3	1,9	0,2
8	0,6	2,4	0,5	1,8	0,0	11,8	0,5	15,6	1,1	7,0	10,4	5,0	7,2
9	35,1	2,0	1,3	4,4	0,0	10,6	1,6	0,3	77,6	88,6	30,5	40,6	1,0
10	14,7	3,4	0,1	9,8	0,0	2,1	0,3	0,0	1,1	0,0	30,2	14,1	17,9
11	106,6	41,8	3,3	49,3	0,2	67,1	6,5	3,8	21,3	195,0	149,6	122,4	11,8
12	126,0	27,6	4,3	28,6	0,1	49,8	3,3	2,5	12,1	283,7	173,4	61,6	32,3
13	50,8	96,2	0,9	28,8	0,1	30,0	4,2	2,1	13,3	142,4	174,1	237,4	9,8
14	28,8	22,9	0,4	9,2	0,1	13,6	1,2	1,7	4,1	109,7	112,1	34,4	30,5
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	246,3	203,2	16,7	130,2	8,7	194,6	64,4	23,4	85,4	1.095,0	852,3	355,4	431,3
17	1.910,0	572,7	8,7	59,4	6,2	146,6	12,6	11,6	30,7	593,9	1.848,5	415,8	295,7
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	-186,2	57,8	4,5	43,8	3,1	55,2	19,4	7,7	26,6	376,8	326,5	78,2	78,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	378,3	665,4	644,5	1.297,0	134,0	1.112,0	634,7	109,0	325,9	0,0	420,9	257,7	32,3
Total	4.218,0	1.952,0	717,0	1.946,0	154,0	2.634,0	797,0	181,0	697,0	3.758,0	4.730,0	1.753,0	959,0

Anexo. Matriz de contabilidad social de Extremadura del año 2010 (millones de euros) (cont.)

Cuenta	Cuenta										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
1	0,9	16,9	0,0	0,0	718,9	290,9	0,0	0,0	0,0	1.155,1	4.217,9
2	12,4	50,2	0,0	0,0	531,0	5,7	0,0	0,0	0,0	343,1	1.952,0
3	44,2	77,2	0,0	0,0	265,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	716,6
4	8,7	243,0	0,0	0,0	315,1	480,3	0,0	0,0	0,0	86,9	1.946,1
5	0,0	0,5	0,0	0,0	145,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	153,7
6	1,8	21,6	0,0	0,0	1.757,5	25,4	0,0	0,0	0,0	276,6	2.633,6
7	1,0	10,6	0,0	0,0	737,1	1,9	0,0	0,0	0,0	1,8	796,5
8	8,0	25,8	0,0	0,0	82,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	181,0
9	12,4	39,2	0,0	0,0	187,5	83,8	0,0	0,0	0,0	81,1	697,5
10	10,5	49,1	0,0	0,0	320,5	3.283,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3.757,7
11	33,8	101,4	0,0	0,0	3.767,5	15,0	0,0	0,0	0,0	33,1	4.729,5
12	41,3	224,7	0,0	0,0	619,8	21,3	0,0	0,0	0,0	40,7	1.753,1
13	20,0	28,8	0,0	0,0	119,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	958,7
14	63,2	222,6	0,0	0,0	2.751,0	57,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3.462,5
15	0,0	2,3	0,0	0,0	244,4	0,0	0,0	0,0	4.781,1	0,0	5.027,7
16	748,6	3.092,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.548,0
17	2.042,1	325,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8.279,8
18	0,0	0,0	7.548,0	8.279,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3.673,6	113,2	19.614,6
19	0,0	0,0	0,0	0,0	4.365,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4.088,7	8.454,1
20	192,4	496,3	0,0	0,0	248,0	0,0	0,0	0,0	51,1	0,0	1.879,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	2.438,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.438,9
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.187,8	1.879,0	2.438,9	0,0	0,0	8.505,7
23	221,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.233,7
Total	3.463,0	5.028,0	7.548,0	8.280,0	19.615,0	8.454,0	1.879,0	2.439,0	8.506,0	6.234,0	0,0

Anexo. Matriz de contabilidad social de Extremadura del año 2020 (millones de euros)

Cuenta	Cuenta												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.265,0	0,4	10,9	0,3	0,0	968,0	7,2	0,0	79,0	1,1	182,7	0,0	0,0
2	51,7	225,2	11,1	151,8	0,6	29,4	4,1	1,5	14,5	522,2	106,4	121,4	7,6
3	222,3	4,7	15,4	10,5	0,1	19,1	3,8	2,3	14,7	76,0	21,3	1,0	0,5
4	176,7	86,7	1,2	186,2	0,2	22,2	2,3	0,1	11,7	469,0	14,1	27,6	5,3
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	8,9	0,0
6	144,3	0,0	0,0	0,0	0,0	121,3	0,4	0,0	0,0	0,0	414,4	0,0	0,0
7	1,9	0,2	0,1	1,3	0,0	1,2	41,4	0,1	1,6	1,2	2,9	2,4	0,3
8	0,8	2,9	0,6	2,2	0,0	14,6	0,6	19,3	1,4	8,6	12,9	6,2	8,9
9	43,3	2,4	1,7	5,4	0,0	13,1	1,9	0,4	95,9	109,5	37,6	50,1	1,2
10	18,2	4,2	0,1	12,1	0,0	2,6	0,3	0,1	1,4	0,0	37,3	17,4	22,1
11	131,6	51,6	4,1	60,9	0,3	82,9	8,0	4,7	26,3	240,9	184,9	151,2	14,6
12	155,7	34,1	5,3	35,4	0,1	61,5	4,1	3,1	14,9	350,5	214,2	76,1	39,9
13	62,8	118,8	1,1	35,6	0,1	37,1	5,1	2,6	16,4	176,0	215,1	293,3	12,1
14	35,6	28,3	0,5	11,3	0,1	16,8	1,5	2,1	5,1	135,6	138,5	42,5	37,6
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	304,3	251,1	20,7	160,8	10,8	240,4	79,6	28,9	105,5	1.353,0	1.053,0	439,1	532,8
17	2.359,7	707,6	10,7	73,4	7,7	181,1	15,6	14,3	37,9	733,7	2.283,7	513,7	365,4
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	-230,1	71,4	5,6	54,1	3,8	68,2	24,0	9,5	32,8	465,5	403,4	96,6	96,4
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	467,4	822,0	796,3	1.603,0	166,0	1.374,0	784,1	135,0	402,6	0,0	520,0	318,4	39,8
Total	5.211,0	2.412,0	885,0	2.404,0	190,0	3.254,0	984,0	224,0	862,0	4.643,0	5.843,0	2.166,0	1.184,0

Anexo. Matriz de contabilidad social de Extremadura del año 2010 (millones de euros) (cont.)

Cuenta	Cuenta										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Total
1	1,1	20,9	0,0	0,0	888,1	359,3	0,0	0,0	0,0	1.427,1	5.211,1
2	15,3	62,0	0,0	0,0	656,0	7,1	0,0	0,0	0,0	423,9	2.411,6
3	54,7	95,3	0,0	0,0	327,4	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	885,4
4	10,8	300,3	0,0	0,0	389,2	593,3	0,0	0,0	0,0	107,3	2.404,3
5	0,0	0,6	0,0	0,0	179,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	189,9
6	2,2	26,7	0,0	0,0	2.171,3	31,4	0,0	0,0	0,0	341,7	3.253,8
7	1,2	13,1	0,0	0,0	910,7	2,3	0,0	0,0	0,0	2,2	984,1
8	9,9	31,9	0,0	0,0	102,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	223,6
9	15,3	48,5	0,0	0,0	231,6	103,6	0,0	0,0	0,0	100,2	861,7
10	13,0	60,7	0,0	0,0	395,9	4.057,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4.642,6
11	41,8	125,3	0,0	0,0	4.654,6	18,6	0,0	0,0	0,0	40,9	5.843,2
12	51,0	277,7	0,0	0,0	765,8	26,4	0,0	0,0	0,0	50,3	2.165,9
13	24,8	35,6	0,0	0,0	147,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1.184,5
14	78,1	275,1	0,0	0,0	3.398,7	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	4.277,9
15	0,0	2,8	0,0	0,0	301,9	0,0	0,0	0,0	5.906,9	0,0	6.211,6
16	924,9	3.820,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9.325,3
17	2.523,0	401,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10.229,4
18	0,0	0,0	9.325,3	10.229,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4.538,6	139,9	24.233,2
19	0,0	0,0	0,0	0,0	5.393,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5.051,5	10.444,8
20	237,7	613,2	0,0	0,0	306,5	0,0	0,0	0,0	63,1	0,0	2.321,4
21	0,0	0,0	0,0	0,0	3.013,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3.013,2
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5.173,9	2.321,4	3.013,2	0,0	0,0	10.508,5
23	273,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7.701,5
Total	1,1	20,9	0,0	0,0	888,1	359,3	0,0	0,0	0,0	1.427,1	5.211,1

7. Referencias

- BERGMANN, P.A.; PIJAWKA, K.A. (1981): «The socioeconomic impacts of nuclear generating stations: An analysis of the Rancho Seco and peach bottom facilities», *GeoJournal* 1981;3(1 Supplement):5-15.
- CARDENETE, M.A.; SANCHO, F. (2006) «Elaboración de una Matriz de Contabilidad Social a través del Método de Entropía Cruzada (España, 1995)», *Estadística Española*, vol. 48, 161, pp. 67-100.
- CARDENETE, M.A.; SANCHO, F. (2004): «Sensitivity of Simulation Results to Competing SAM Updates», *The Review of Regional Studies*, 34 (1), pp. 37-56.
- CARDENETE, M.A.; FUENTES, P. (2009): «Análisis del sector energético español a través de un modelo de crecimiento sostenible». *Colección EOI MA medio ambiente*. Fundación EOI, 2009. ISBN 978-84-936547-5-7. Madrid.
- CAZCARRO, I.; DUARTE, R.; SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. (2010): «Water Consumption Based on a Disaggregated Social Accounting Matrix of Huesca (Spain)». *Journal of Industrial Ecology*, volume 14, Issue 3, pp. 496-511, June 2010. Yale University.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007): *Programa Indicativo Nuclear. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo*. Bruselas, 4 de octubre de 2007. COM(2007) 565 final.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2008): «Actualización del Programa Indicativo Nuclear en el contexto de la segunda revisión estratégica del sector de la energía». *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo y al Comité Económico y Social*. Bruselas, 13 de noviembre de 2008. COM(2008) 776 final.
- DE MIGUEL, F.J.; MANRESA A. (2004): «Modelos SAM lineales y distribución de la renta. Una aplicación para la economía extremeña», *Estudios de Economía Aplicada*, 2004: 577-603, vol. 22-2.
- DEFOURNEY, J.; THORBECKE, E. (1984): «Structural Path Analysis and Multiplier Decomposition Within a Social accounting Matrix framework», *The Economic Journal*, 94, 111-136.
- FRISCH, M.; SOLITARE, L.; GREENBERG, M.; LOWRIE, K. (1998): «Regional economic benefits of environmental management at the US Department of Energy», *Journal of Environmental Management*, vol. 54, pp. 23-37.
- GOLAN, A.; JUDGE, G. y ROBINSON, S. (1994): «Recovering information from incomplete or partial multisectoral economic data», *Review of Economics and Statistics*, n.º 76, pp. 541-549.

- GREENBERG, M.; SOLITARE, L.; FRISCH, M.; LOWRIE, K. (1999): «Economic impact accelerated cleanup on regions surrounding the U.S. DOE's Major Nuclear Weapons Sites», *Risk Analysis*, vol. 19 (4), pp. 635-647.
- HARA, T. (2008): *Quantitative Tourism Industry Analysis. Introduction to Input/Output, Social Accounting Matrix Modeling, and Tourism Satellite Accounts*, 2008 Elsevier Inc. North Holland. ISBN: 978-0-7506-8499-6.
- KEHOE, T.J.; MANRESA, A.; POLO, C. y SANCHO, F. (1988): «Una matriz de contabilidad social de la economía española», *Estadística Española*, 30, pp. 5-33.
- LENZEN, M., & SCHAEFFER, R. (2004): «Environmental and social accounting in Brazil», *Developing Economies XLII*, 371-391.
- LEWIS, P. (1986): «The economic impact of the operation and closure in a nuclear power station», *Regional Studies*, vol. 20 (5), pp. 425-432 (8).
- LLOP, M.; MANRESA, A. y DE MIGUEL, F.J. (2002): «Comparación de Cataluña y Extremadura a través de Matrices de Contabilidad Social», *Investigaciones Económicas*, vol. XXVI (3), 2002, 573-587.
- NEI (2006): *Economics benefits of Grand Gulf Nuclear Station*. Nuclear Energy Institute (NEI) y Entergy. Ed, NEI, USA.
- NEI (2008): *Economic benefits of North Anna Power Station*. Nuclear Energy Institute (NEI) y Entergy. Ed, NEI, USA.
- NOLAN, M. (2006): «The economic implication of a North Korean Nuclear test». *Asia Policy*, 2, pp. 1-39.
- PIJAWKA, D. y CHALMERS, J. (1983): «Impacts of nuclear generating plants on local areas», *Economic Geography* 1983;59(1):66-80.
- POLO, C.; ROLAND-HOST, D. y SANCHO, F. (1990): «Distribución de la renta en un Modelo SAM de la economía española», *Estadística Española* 32 (125), 537-567.
- PYATT, G. y ROUND, J. (1979): «Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Framework», *Economic Journal*, n.º 89.
- PYATT, G. y ROUND, J. (1985): «Social Accounting Matrices. A Basis for Planning, World Bank Symposium, Washington», *Resource Economics*, 27: 201-226.
- ROBINSON, S.; CATTANEO, A. y EL-SAID, M. (2001): «Updating and estimating social accounting matrix using cross entropy methods», *Economic Systems Research*, vol. 13, n.º 1, pp. 47-64.
- RODRÍGUEZ SILVA, M. (2005): *Impacto económico del desmantelamiento de la central nuclear, Vandellos I*, ENRESA ed., Madrid.
- SANTOS, S. (2010): «A quantitative approach to the effects of social policy measures. An application to Portugal, using Social Accounting Matrices», *EERI Research Paper Series No 33/2010*, ISSN: 2031-4892, Brussels, Belgium.
- SHURCLIFF, A.W. (1975): «Local economic impact of nuclear power plants», *MIT EL*, 75 005 Working Paper. MIT.
- SLOVIC, P.; LAYMAN, M.; KRAUS, N.; FLYNN, J.; CHALMERS, J.; GESSELL, G. (2006): «Perceiver risk, stigma, and potential economic impacts of a high-level nuclear waste repository in Nevada», *Risk Analysis*, vol. 11 (4), pp. 683-696.
- STONE, R. (1978), *The Disaggregation of the Household Sector in the National Accounts*, World Bank Conference on Social Accounting Methods in Development Planning, Cambridge.
- SUNG, C.K. & WATERS, E.C. (2006). «The role of the Alaska Seafood Industry: A Social Accounting Matrix (SAM) model approach to economic base analysis», *Ann. Reg. Sci.* 40:335-350.
- URIEL, E.; BENEITO, P.; FERRI, J. y MOLTÓ, M.L. (1997): *Matriz de Contabilidad Social de España 1990 (MCS-90)*, Instituto Nacional de Estadística e Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.
- VEGA, J. (1997a): *Análisis del impacto de las inversiones en la central nuclear de Almaraz*. Senda Ed. Madrid.
- VEGA, J. (1997b): *El principal activo industrial de Extremadura: la energía. Situación*. Serie de Estudios Regionales. Extremadura. BBV.

Resumen de los estudios

Alejandro Cardenete *et al.*, en el trabajo «Una revisión de las matrices de contabilidad social y de los modelos de equilibrio general aplicado en España» señalan cómo en las últimas décadas, la modelización a través de las tablas *Input/Output* y las matrices de contabilidad social, se han convertido en un área muy fructífera de investigación económica. Además, distintas técnicas económicas de análisis y diferentes modelos, profundizan en materias como las tablas *Input/Output* y las matrices de contabilidad social, sobre las que se lleva a cabo un análisis básico. El trabajo revisa también las contribuciones realizadas, para la economía española en el ámbito mencionado de las matrices de contabilidad social y de los modelos de equilibrio general, aplicados tanto a nivel nacional como regional.

Francisco Parra, en su trabajo «Información necesaria para construir una matriz *Input/Output*. Matriz *Input/Output* de Cantabria» muestra que el marco *Input/Output* es una operación estadística de síntesis, que investiga las relaciones productivas con suficiente detalle. Por ello su elaboración requiere del estudio y análisis un amplio elenco de estadísticas, siendo en la mayor parte de las ocasiones necesaria la elaboración de operaciones estadísticas específicas para disponer de información de áreas que no están suficientemente cubiertas con la información estadística que se produce. El mismo autor se refiere al marco *Input/Output* (MIO) de Cantabria, indicando que es una adaptación de la metodología de cuentas nacionales y tablas *Input/Output* europeas, SEC-95, a las particularidades de la economía regional, habiéndose acometido para su elaboración dos investigaciones estadísticas: entrevistas directas con la dirección de las 30 empresas industriales y de servicios más relevantes de la región, y una encuesta a 1.000 empresas sobre sus operaciones de consumos intermedios e inversión. Asimismo se ha realizado explotaciones específicas para el MIO de las principales estadísticas estructurales y registros administrativos relativos al empleo y actividad y a las liquidaciones presupuestarias.

Carmen Ramos *et al.*, nos explican, en su trabajo titulado «Un análisis de la descomposición de la rama eléctrica en la tabla *Input/Output*» la importancia del sector de energía en el conjunto de la economía de nuestro país. Para alcanzar este objetivo se emplea la metodología *Input/Output* dada su capacidad de síntesis y análisis, así como por posibilitar un conocimiento global de la economía al mostrar tanto las interrelaciones entre los diferentes sectores como la demanda final o las relaciones de comercio exterior. La primera etapa de este estudio consiste en construir una matriz simétrica para España, referida al año 2007, por ser este el último año para el cual el INE ha publicado matrices de origen y destino. Lo que aquí se presenta consiste en la etapa inicial de dicho análisis, en la que se lleva a cabo un estudio individualizado de la rama «Producción y Distribución eléctrica» desagregando todas las tecnologías de generación renovables y convencionales de una forma homogénea.

Agustín Cañada, en su estudio titulado «Las tablas *Input/Output* y el tratamiento de los productos y ramas de la energía: aspectos estadísticos y metodológicos» ofrece una panorámica de la evolución y características actuales del tratamiento de la energía, tanto en los sistemas contables convencionales (SCN y SEC), como en algunas extensiones de los mismos, fundamentalmente las relacionadas con el desarrollo de la contabilidad medioambiental, de acuerdo con la metodología de las Naciones Unidas. El trabajo muestra detalles sobre los Sistemas *Input/Output* y contabilidad de la energía, y examina la evolución de los sistemas de cuentas nacionales. También analiza la relación entre el marco *Input/Output* (SCN/ SEC)

y el tratamiento de la energía: productos, ramas y operaciones. Finalmente trata sobre algunas extensiones del sistema *Input/Output* al campo de la energía como las cuentas de la energía de la contabilidad medioambiental y otras extensiones.

Blanca Simón *et al.*, tras repasar en su trabajo «Efectos económicos de la energía eólica en Aragón (1996-2012)» la evolución del sector eólico en España, estiman —a través del modelo de demanda de Leontief del marco *Input/Output*— la producción y el empleo generados en Aragón entre 1996 y 2012 por la construcción y puesta en funcionamiento de los parques eólicos. Asimismo, cuantifican la contribución de la producción de energía eólica a la mejora medioambiental y a la disminución de la dependencia energética exterior. El volumen de empleo total generado por la inversión en parques eólicos para el conjunto del período 1996-2007 ha sido, en promedio, de unos 1.183 puestos de trabajo anuales (no acumulativos), y para el período 2009-2012, si se cumplieren las previsiones, sería de 2.481 empleos anuales. La generación de energía eléctrica por parte de las empresas eólicas, derivada de un aumento de la demanda final, genera anualmente una demanda regional que supera los 63,6 millones de euros, es decir, algo más de 37 millones de euros por cada 1.000 MW instalados (precios de adquisición de 2009). Adicionalmente, por cada 1.000 MW de potencia instalada en funcionamiento se mantienen unos 500 empleos en la Comunidad Autónoma.

En el trabajo de Ángeles Cámara Sánchez *et al.*, cuyo título es «Socio economic impact assessment of future CSP (Concentrating Solar Power) deployment in Spain using an extended social accounting matrix» se muestra que la tecnología solar termoeléctrica puede desempeñar un papel importante en el mix energético futuro de España. Con el fin de evaluar si las políticas de apoyo existentes y futuras se justifican por razones de bienestar social, se muestra que es necesario llevar a cabo un análisis integrado de los impactos asociados. Este trabajo evalúa los impactos socio-económicos asociados a las inversiones en solar termoeléctrica que requiere el plan de energías renovables 2011-2020. Para este propósito, se amplía la matriz española de contabilidad social del año 2008 con seis cuentas de energía renovable, y se utiliza un modelo multisectorial para analizar los efectos sobre la economía española, así como en la creación de empleo. Los resultados muestran que, además de los beneficios ambientales, las inversiones en solar termoeléctrica tienen un impacto positivo en los sectores productivos fuertemente afectados por la crisis, como la construcción, las industrias del metal y las actividades industriales.

Michael Hartner en su trabajo titulado «A product orientate view on energy use», presenta un modelo *Input/Output* para Austria ampliado con los sectores de la energía. El modelo puede ser aplicado para evaluar los flujos de energía integrados entre 57 sectores de la economía austriaca para varios vectores energéticos finales. Las importaciones y exportaciones se modelizan utilizando un enfoque de dos regiones: Austria y el resto del mundo. El modelo se utiliza como base para estimar el potencial de ahorro de energía de diversas medidas desde una perspectiva de producto final con la matriz de *inputs* primarios la cual se parece a las cadenas globales de suministro de bienes y servicios. Se muestran algunos resultados preliminares de los flujos de energía austriacos y también se discuten los conceptos para evaluar los efectos de los cambios en las cadenas de suministro de las necesidades energéticas.

Iñaki Arto titula su estudio «Cuantificación de escenarios de emisiones de CO₂: El caso del País Vasco.» En él se presenta una descripción de un modelo *Input/Output* desarrollado para la cuantificación de escenarios de emisiones de CO₂ en el marco de la lucha contra el cambio climático a escala regional. El modelo relaciona el nivel de actividad económica con las emisiones de CO₂ y los flujos de materiales y energía que las generan. Gracias al nivel de detalle del análisis, el modelo permite cuantificar los efectos en términos de CO₂, empleo y PIB de una gran variedad de políticas. Este modelo fue utilizado en la elaboración del Plan Vasco de Lucha contra el Cambio Climático 2008-2012.

«El sector energético: fuentes estadísticas de análisis en la C.A. de Euskadi», es el título del estudio de María Victoria García Olea *et al.*, en el que se repasan las principales fuentes estadísticas de análisis del sector energético que figuran en el Plan Vasco de Estadística 2010-2012: la Estadística Industrial, el marco *Input/Output* y la operación denominada Datos Energéticos de la C.A. de Euskadi. En este trabajo se exponen las principales características metodológicas de las tres operaciones, además de algunos resultados inmediatos relacionados con el sector objeto de análisis. Los autores muestran que la Estadística Industrial es una herramienta que permite, con carácter anual, conocer la importancia del sector energético en la C.A. de Euskadi, medida ésta por las principales macro magnitudes y la cuenta de pérdidas y ganancias, para el conjunto del sector y para los distintos subsectores. En el caso del marco *Input/*

Output, se describen algunas de las posibilidades que ofrece el análisis *Input/Output* para el estudio del sector energético, a partir de las matrices de los coeficientes técnicos y de la inversa de Leontieff, obtenidas de la matriz simétrica. Finalmente, se analizan los objetivos, características y fuentes de información para la realización del balance energético de la C.A. de Euskadi.

Cierra el amplio conjunto de los trabajos aquí editados el de Juan Antonio Vega Cervera *et al.* que no pudo ser presentado en la Jornada. En su estudio titulado «Impacto económico de la clausura de una planta nuclear, Almaraz (España)» se hace un análisis del impacto económico y en el empleo cuando una planta nuclear es clausurada. El tema es de notoria actualidad e importante por los efectos económicos, puesto que las centrales nucleares son motores de actividad económica en las zonas donde se ubican. El objetivo de este trabajo es doble, por una parte, mostrar una metodología adecuada para el tipo de análisis realizado y, por otra, sensibilizar sobre las implicaciones económicas de este tipo de temas. El estudio utiliza un modelo SAM lineal con metodología de entropía cruzada para ajuste de datos. El análisis empírico se efectúa sobre la central nuclear de Almaraz en España. La elección no es aleatoria, dado que se trata de una planta que reúne las características generales de algunas plantas nucleares en el mundo. La central, con unos 30 años de funcionamiento, está ubicada en una zona rural de escasa densidad de población y eminentemente agraria, y es motor de la actividad económica de la zona donde se ubica. Los resultados del análisis *Input/Output* del supuesto cierre sugieren un claro impacto negativo tanto en términos de empleo como de generación de valor añadido, fundamentalmente en la zona donde se ubica.

El conjunto de trabajos aquí recogidos muestra la relevancia y la capacidad de los análisis en base a la metodología *Input/Output*. Recoge también un significativo número de estudios centrados o relacionados con el ámbito de la energía, si bien es cierto que el mayor énfasis se pone en los análisis relativos a las energías renovables y, en particular, la eólica y la solar.

También se pone de manifiesto la importancia, no sólo de contar con metodología sino con información de partida o de entrada en los modelos, precisa, rigurosa y coherente. Igualmente, parece clara la necesidad de tratar de precisar metodológicamente el alcance de los trabajos.

No menos importante es la necesidad que parece aflorar del conjunto de trabajos de examinar la energía, analizar la producción y distribución de electricidad contemplando el conjunto de tecnologías y examinando también los efectos netos de las políticas energéticas en cuanto efectos económicos directos, indirectos e inducidos.

A esto hay que añadir la contribución que suponen las visiones de trabajos que no tienen por objeto el ámbito vasco o español y que abren posibilidades futuras de comparaciones, que pueden enriquecer y mucho nuestro entendimiento de la compleja relación energía, industria y economía.

Quizás este podría ser el primer paso a dar con una visión integradora, global y lo más amplia posible; aunar la riqueza de análisis de trabajos y esfuerzos por poder tener una visión económica rigurosa de las relaciones de la energía con la economía, utilizando los modelos y las metodologías que son objeto de los trabajos editados en este «report» de la Cátedra de Energía de Orkestra, que reitera su agradecimiento a todos los autores por su contribución al mismo.

Instituciones

Instituciones

Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad

Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad es un centro para el análisis y debate sobre la competitividad territorial nacido en el año 2006 en el seno de la Fundación Deusto, Universidad de Deusto, como resultado de la convergencia entre diferentes iniciativas estratégicas, privadas y públicas.

Mediante una investigación de excelencia, programas de instrucción especializados, y la permanente interacción con los agentes económicos —administraciones locales, regionales y nacionales, la Unión Europea, empresas, centros tecnológicos, organizaciones empresariales, asociaciones clúster, etc.—, Orkestra busca fortalecer la competitividad tanto de la economía como de la sociedad vasca, insertas ambas en dinámicas que van más allá de los límites administrativos de la Comunidad Autónoma, teniendo siempre en cuenta la necesidad de promover un desarrollo sostenible.

Los principales objetivos de Orkestra son:

- Analizar la competitividad de la economía y la sociedad vasca en el marco cambiante de las relaciones económicas globales.
- Reflexionar sobre las sendas apropiadas para la mejora de la competitividad y el bienestar de los ciudadanos.
- Evaluar el impacto de las políticas, los instrumentos —públicos y privados— y las herramientas aplicadas para la mejora de la competitividad.
- Construir y proponer, con los actores socioeconómicos, estrategias competitivas apropiadas.

En Orkestra participan de manera activa una serie de Administraciones Públicas y empresas que colaboran de manera fundamental en su desarrollo: Sociedad para la Promoción y Reconversión Industrial, (SPRI)-Gobierno Vasco (GV); Diputación Foral de Gipuzkoa; Euskaltel, S.A.; Kutxa, Repsol YPF-Petronor.

Para más información: www.orkestra.deusto.es

Cátedra de Energía de Orkestra

La Cátedra de Energía constituye un área de conocimiento de Orkestra orientada a reflexionar y a aportar elementos al debate sobre el logro de una energía eficiente, medioambientalmente sostenible, y que contribuya a la competitividad.

La dinámica de trabajo sigue la filosofía de las tres íes de Orkestra: Investigación, Interacción e Instrucción.

Las líneas básicas de investigación, en las que la Cátedra centra su actividad actualmente, son:

- Energía: Economía y Mercados.
- Energía e Industria: Competitividad y Desarrollo Industrial.

Cabe destacar las publicaciones «Los retos del sector energético», «Hacia una economía baja en carbono: experiencias internacionales», «Gas no convencional: Shale Gas» y «Energía y tributación ambiental», que recogen el resultado de los trabajos que se desarrollan en el marco de las líneas de investigación de la Cátedra de Energía.

Entre las actuaciones en el ámbito de la interacción, se ha organizado el Seminario internacional «Energía e Industria: Innovación y desarrollo tecnológico en el nuevo escenario energético» con el Ente Vasco de la Energía (EVE), la jornada «Gas no convencional: Shale Gas» con el Comité Español del Consejo Mundial de la Energía (CECME) y la jornada sobre «Energía y Tributación Ambiental» en colaboración con Economics for Energy. Estas jornadas han contado con la presencia de profesionales del sector energético, de instituciones públicas y del ámbito académico. Además, se han llevado a cabo dos Seminarios internos «Mercados Eléctricos y Renovables» y «Nuevo entorno energético: Implicaciones para las políticas energéticas, industriales y tecnológicas». Además, la Cátedra ha puesto en marcha el curso «Energía y Competitividad, Gas, Redes y Renovables», que se encuentra en su segunda edición y que cuenta con un denso programa, impartido por profesionales, de larga trayectoria, especialistas de cada campo objeto de estudio; e incluye además visitas de instalaciones técnicas relacionadas con la energía.

La Cátedra de Energía cuenta con el apoyo de los patronos de Orkestra y de la propia Cátedra: Repsol YPF-Petronor, Boston Consulting Group (BCG), Ente Vasco de la Energía (EVE) e Iberdrola.

Un sector fundamental en la economía es el sector energético, el cual requiere de un estudio y análisis pormenorizado, con el objetivo de determinar su importancia real y su potencial de crecimiento y de arrastre de la economía y la creación de empleo.

El presente documento recoge las ponencias presentadas en la jornada «Evolución y contrastes de las metodologías sobre la relación economía-industria y empleo», organizada por la Cátedra de Energía de Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad. La jornada examinó la interrelación de energía-industria y empleo en el nuevo contexto energético con un enfoque internacional y con aplicación al País Vasco o España y tratando en particular algunos países europeos, mediante la metodología *Input/Output* y el análisis de modelos sectoriales.

Una de las principales fortalezas de esta metodología, es sin duda, su capacidad para examinar el impacto sobre variables económicas de interés como la producción o el empleo.

Con este documento se trata de recoger, con una visión integradora, global y lo más amplia posible, diferentes estudios que analizan la relación de la energía con la economía, utilizando las metodologías citadas para tener una visión económica rigurosa de estas relaciones.